

# DE GRONDONTSMETTING DOOR MIDDEL VAN ELECTRICITEIT

(WITH A SUMMARY IN ENGLISH)

DOOR

E.W.B.v. d. MUYZENBERG en  
J. J. F. ROGHAIR VAN RIJN  
WAGENINGEN



*Mededeelingen van de Landbouwschool  
Deel 40 — Verhandeling 4*

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1936

322077

# DE GRONDONTSMETTING DOOR MIDDEL VAN ELECTRICITEIT

(WITH A SUMMARY IN ENGLISH)

door E. W. B. v. d. Muyzenberg en J. J. F. Roghair van Rijn, Wageningen

## I. OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE METHODEN VAN GRONDONTSMETTING, WELKE IN DE TUINBOUW WORDEN TOEGEPAST

### INLEIDING

In een grond, welke jaren achtereen voor het telen van tuinbouwgewassen wordt gebezigd, ontwikkelen zich tenslotte allerlei organismen (zwammen, bacteriën, protozoën, insecten, enz.), waarvan er verscheidene de plantengroei nadelig kunnen beïnvloeden. Sommige daarvan veroorzaken plantenziekten, andere maken de grond ongeschikt om als voedingsmedium voor bepaalde gewassen te dienen. In de praktijk duidt men het onvermogen om goede planten voort te brengen, veelal aan met het woord „bodemmoeheid”, zonder aan te geven welke der bovengenoemde factoren hier in het spel is of zijn.

Naast de aanwezigheid van microörganismen en insecten speelt de ophoping van zouten, welke veelal samengaat met een slechte fysische toestand van de grond, ongetwijfeld een grote rol.

Men heeft op verschillende wijzen getracht de grond van de schadelijke organismen te ontdoen en de verloren gegane, goede structuur weer te herstellen.

Bij de bestrijding van de organismen, moet men zoveel mogelijk trachten vooral de in een bepaald geval schadelijke te doden. Men past daarom liefst een partiële sterilisatie toe. Wanneer nl. in een totaal gesteriliseerde grond een infectie optreedt, kan deze zeer gevaarlijk worden, daar de concurrerende organismen dan ook verdwenen zijn en geen belemmering te weeg kunnen brengen in de vermenigvuldiging van het schadelijke organisme. Plantengroei zou op deze wijze geheel onmogelijk kunnen worden. Zelfs schimmels, die anders saprophytisch leven, kunnen dan nadeel veroorzaken, doordat zij in massa gaan optreden.

De ontsmetting kan geschieden: door het aanbrengen van voor de organismen giftige stoffen; door het verhitten van de bodem; door het direct doden van de organismen met behulp van electriciteit (electrocucie). Ook past men wel een biologische bestrijding toe, gebaseerd op het antagonisme, dat tussen verschillende microörganismen bestaat; dit antagonisme komt in sterkere mate voor tussen verschillende bacteriën, dan tussen schimmels onderling (Endô 1935).

Voorts kan men door een verbetering van de fysieke structuur van de grond, o.a. met behulp van stalmest of door het aanbrengen van lagen stro de „bodemmoetheid” voorkomen (BEWLEY 1934).

#### DE ONTSMETTING MET CHEMISCHE MIDDELEN

De eerste proeven, genomen met het doel bepaalde schadelijke organismen in de grond langs chemische weg te doden, zijn verricht door THÉNARD in 1869. Bij zijn proeven gebruikte hij zwavelkoolstof om daarmee de druifluist te bestrijden, welke in Frankrijk geweldige verwoestingen in de aanplantingen veroorzaakte.

Nadien zijn tal van andere chemische middelen, met wisselend succes beproefd op hun werking tegen schadelijke bodemorganismen. De meeste worden in vloeibare vorm aangewend. Dit heeft o.a. plaats met formaline, sublimaat en uspulun. Meestal sproeit men deze op bewerkt land, teneinde een goede en gelijkmatige doordrenking van de bodem mogelijk te maken. Andere stoffen worden in de grond geïnjecteerd, hetgeen vooral geschiedt met stoffen, die zeer vluchtig zijn, zoals zwavelkoolstof.

Chemische middelen hebben het voordeel, dat zij overal en in elke gewenste hoeveelheid toe te passen zijn, terwijl het gebruik ook meestal goedkoper is dan de toepassing van ontsmetting door verhitting. Doch er zijn ook nadelen te noemen. Deze worden enerzijds veroorzaakt door het in de grond achterblijven van verbindingen, die de plantengroei ongunstig beïnvloeden, zoals b.v. met chloorverbindingen het geval is, terwijl anderzijds verschillende chemicaliën (o.a. zwavelkoolstof) levensgevaarlijk kunnen zijn voor hen, die ze toepassen.

Ook brengt het bezwaren met zich mede om een gelijkmatige ontsmetting van de gehele grond te verkrijgen. Hierdoor worden dan o.a. de sclerotien van zwammen niet alle vernietigd. Bovendien zijn de meeste middelen slechts voor bepaalde groepen van organismen schadelijk (GERRETSEN c.s., 1927). Voorts kan een flinke regenbui de oplossing zodanig verdunnen, dat het toegepaste middel minder werkzaam wordt.

#### GRONDONTSMETTING DOOR VERHITTING

De belangrijkste methode voor de vernietiging van bodemorganismen is het verhitten van de grond.

Een der voordelen van deze methode is, dat daarbij zowel de plant-aardige als de dierlijke organismen gedood worden. Voorts blijven er bij deze methode meestal geen bestanddelen in de grond achter, welke de ontwikkeling der planten remmen. Ook wordt de grond poreuzer, waardoor de planten zich beter kunnen ontwikkelen, en komen de voedingsstoffen beter ter beschikking.

Tenslotte neemt door de snelle vermenigvuldiging van de bacteriën

na de ontsmetting de ontwikkeling van ammoniak en koolzuur in de grond sterk toe, wat de plantengroei ten goede komt.

Toch heeft deze methode ook nadelen: de kosten van deze ontsmettingswijze zijn meestal aanmerkelijk hoger dan van die met chemische middelen, terwijl, evenals bij de chemische bestrijding, de grond vaak ongelijkmatig wordt ontsmet.

De ontsmetting door verhitting kan, behalve met behulp van electriciteit, welke methode in de volgende hoofdstukken uitgebreider wordt behandeld, plaats vinden door de bodem te verwarmen met vuur.

Deze wijze van ontsmetting wordt in Engeland „baking” genoemd. De grond wordt hierbij in een metalen of stenen bak gebracht, waaronder een vuur wordt gestookt (BEWLEY 1926).

Daarnaast is wel het overgieten met kokend water gebezigd, terwijl het verhitten van de grond met stoom(stomen) momenteel het meest wordt toegepast.

Deze laatste methode is tot nu toe als de beste beschouwd. Het eerst werd ze in 1888 door FRANKE gebruikt bij laboratoriumproeven, terwijl ze in 1893 door RUDD in Amerika in de praktijk werd ingevoerd. Daarna heeft zij, behalve in Amerika, ook algemene toepassing gevonden in Engeland en in Nederland, en wel vooral in de streken met intensieve cultuur, zoals de bollenstreek en het Westland. Zij kan zowel ter plaatse in de kas of buiten, alsook voor het ontsmetten van potgrond worden toegepast. Als een bezwaar van de ontsmetting in kassen is te beschouwen, dat de grond bij de funderingen en in de hoeken van de kas veelal onvoldoende kan worden behandeld en dat van daaruit de besmetting weer opnieuw kan plaats vinden. Ook de ondergrond wordt meestal niet geheel van schadelijke organismen gezuiverd, waardoor de ontsmetting na enige jaren weer herhaald moet worden.

De stoom, welke nodig is voor de ontsmetting, verkrijgt men van een locomobiel of van de op het bedrijf voorkomende stoomketels.

De ontsmetting met stoom, wordt in de praktijk op verschillende manieren toegepast. Bij een van de meest gebruikte methoden worden horizontaal in de grond gelegde geperforeerde metalen buizen met een stoomketel verbonden. De stoom wordt dan door gaatjes van 3—6 mm, welke zich op ongeveer 10—15 cm van elkaar in de buizen bevinden, in de grond geblazen. Deze methode (buried-perforated-pipe method) is in Amerika sterk in zwang (Newhall, Chupp & Gutermann, 1934). Zij werd wel een enkele maal door kwekers in het Westland toegepast, waarbij dan tot 30 m<sup>2</sup> kasgrond gelijktijdig tot  $\pm$  60 cm diepte werd behandeld.

Ook POLAK (1920), die zijn aandacht vooral aan de technische zijde van het vraagstuk der bodemsterilisatie besteedde, paste dit systeem toe.

Op de zo juist genoemde methode bestaat een variatie, die wel wordt

aangeduid met de naam van „kammethode” (SCHOEVERS, 1931); in Engeland spreekt men van „the small grid method”. De stoom wordt hierbij in de grond geblazen door een rek, dat bestaat uit een aantal evenwijdig naast elkaar liggende geperforeerde buizen van plm. 75 cm lengte, die door een verbindingsbuis verenigd zijn. Deze rekken worden onder bodemloze kisten gelegd, welke met grond gevuld worden. De stoom wordt daarna gedurende  $\frac{1}{2}$  à 1 uur toegevoerd.

Volgens BEWLEY (1926) is de grond na 15 à 20 minuten stoomtoevoer gelijkmatig tot 99 à 100°C verwarmd. Dit komt niet geheel overeen met de temperatuurwaarnemingen, welke door één onzer (M.) in 1927 in het Westland werden verricht. Hier was deze methode in een naar de omstandigheden gewijzigde vorm door Riemens (1926, 1927) geïntroduceerd.

In tabel I wordt van de waargenomen temperaturen een overzicht gegeven, waarbij dient te worden opgemerkt, dat zij bij wijze van steekproeven bij drie verschillende kwekers werden opgenomen. De temperatuur in °C werd steeds bepaald op verschillende plaatsen in de bodemloze kisten en steeds op minstens 15 cm binnen de rand van de kist.

TABEL I. TEMPERATUURWAARNEMINGEN IN GROND  
BIJ ONTSMETTING DOOR STOOM

Grondsoort en plaats	Waterstand in de grond	Tijd van stoomtoevoer	Tijdsverloop tussen beëindiging stoomtoevoer en de waarneming	TEMPERATUUR IN GRADEN CELSIUS											
				op 10 cm diepte				op 25 cm diepte				op 45 cm diepte			
				Aantal waarn.	gem. temp.	max. temp.	min. temp.	Aantal waarn.	gem. temp.	max. temp.	min. temp.	Aantal waarn.	gem. temp.	max. temp.	min. temp.
Veengrond te Delft	50 cm	$\frac{3}{4}$ u	0 u.	8	80°	97°	50°	8	84°	97°	53°	8	75°	90°	55°
			2 u.	6	75°	90°	55°	6	78°	92°	59°	6	68°	81°	50°
Zandgrond te Monster	60 cm	$\frac{1}{2}$ u	3 u.	8	73°	77°	69°	8	78°	83°	73°	8	69°	78°	63°
			5 u.	8	69°	77°	53°	10	73°	81°	52°	10	61°	74°	56°
Veengrond te de Lier	40 cm	$\frac{1}{2}$ u	0 u.	5	84°	93°	70°	5	78°	94°	67°	1	40°		
			$\frac{1}{4}$ u.	5	73°	81°	61°	5	64°	70°	61°	5	40°		
			$1\frac{1}{2}$ u.	5	77°	87°	61°	17	62°	76°	48°				
			$2\frac{1}{2}$ u.	14	73°	79°	64°	17	59°	68°	54°				
			3 u.	18	62°	72°	48°	18	65°	77°	50°	1	40°		

Uit deze waarnemingen blijkt wel zeer duidelijk hoe ongelijkmatig de verdeling van de temperatuur hierbij kan wezen.

In alle drie gevallen werd de grondontsmetting toegepast ter bestrijding van de zgn. „aaltjesziekte” van de tomaten, veroorzaakt door *Heterodera radicicola*. Bij geen van de drie bovenbedoelde kwekers

was deze echter volkomen geslaagd, hetgeen niet te verwonderen was, daar de vereiste temperatuur veelal niet werd bereikt.

Een andere methode, welke vanaf 1924 door van Slogteren (1926) voor de ontsmetting van bollengronden wordt toegepast is de omgekeerde bak of pan-methode, welke in Engeland en Amerika als „inverted pan” of „tray-method” bekend staat. Hierbij wordt een ijzeren of houten schot met een lage rand een zgn. pan over de grond gelegd. In het schot bevinden zich één of meer gaten, waardoor de stoom onder de pan gebracht wordt. Deze methode, welke in Amerika veel gebruikt wordt, is vooral geschikt voor lichtere gronden, welke niet diep ontsmet behoeven te worden. Zwaardere gronden moeten vooraf gespit zijn. Als voordelen van deze methode gelden, dat men geen last heeft van het verstoppert der gaatjes en men de grond niet behoeft te verplaatsen. Als nadeel wordt beschouwd de veelal ongelijkmatige stoomverdeling, waarmede een ongelijke verdeling van de temperatuur in de grond zou samengaan. Bij de proeven, welke door van Slogteren in zandige bollengronden werden genomen, blijkt dit echter niet het geval te zijn geweest. Zo was b.v. bij één van zijn proeven (1926 p. 10) na 1 uur stoomtoevoer de gemiddelde temperatuur van de grond op 20 cm diepte onder de bak 99°C (gemiddelde van 14 waarnemingen). Bij dezelfde proef was op 30 cm diepte de gemiddelde warmte toen 59°C, met een variatie gelegen tussen 93°C en 39°C. Na 1½ uur stomen was op 20 cm diepte de temperatuur 100°C (4 waarnemingen) en op 30 cm diepte gemiddeld 99°C (6 waarnemingen).

Dan is nog te noemen de zgn. „pin” methode (Eng. „spike method”) welke in Nederland nog niet op groter schaal wordt toegepast. De stoom wordt hierbij in de grond geblazen door holle, verticaal in de grond gestoken pinnen, welke al of niet tot een eg of hark verenigd zijn. Deze methode is zeer goed te gebruiken om de plaatsen te ontsmetten, waar men anders moeilijk bij kan komen (kasvoeten, enz.).

Nog weer een andere manier is die, waarbij de stoom door drainbuisen in de grond wordt geleid, wat een zeer geschikte wijze van ontsmetting is, indien over vaste stoomketels wordt beschikt.

Uit het bovenstaande blijkt wel, dat er een voldoende aantal ontsmettingmethoden bestaan, die geschikt zijn om grote grondoppervlakken te behandelen.

Van deze methoden leverden die, waarbij stoom wordt gebezigd, de beste resultaten op. Voor de ontsmetting van kleinere hoeveelheden grond b.v. voor zaaipannen, potgrond e.d. zijn de boven behandelde methoden echter minder geschikt gebleken. Deze mindere geschiktheid vloeide voornamelijk voort uit de grote onkosten, welke de uitvoering medebracht. Vooral speelden de rente en afschrijving van het kapitaal, benodigd voor de aanschaffing der apparaten, en de bedieningskosten een belangrijke rol.

Voor kleinere hoeveelheden grond wordt in Engeland wel het door Falconer beschreven systeem gebezigd, waarbij geperforeerde buizen gelegd worden op een door stenen muurtjes omgeven vloertje. De benodigde stoom wordt hierbij door een kleine stoomketel geleverd. Bij een ander (minder goed) systeem wordt de grond in een bak met een dubbele bodem door middel van een vuur verwarmd (BEWLEY, 1929). Voor kleine hoeveelheden grond kleven ten dele ook hieraan de boven reeds genoemde nadelen, terwijl bovendien de verwarming zeer ongelijkmatig is. Bij de ontsmetting met elektrische verwarming zijn die bezwaren in veel mindere mate aanwezig, en zullen de kosten voor kleinere hoeveelheden meestal lager zijn, terwijl de ontsmetting bovendien doeltreffender is.

## II. DE ELECTRISCHE METHODEN VAN GRONDONTSMETTING

De toepassing van de electriciteit voor de ontsmetting van grond, dateert pas van de laatste jaren. In korte tijd heeft ze echter reeds een zodanige graad van volkomenheid bereikt, dat deze methode voor de ontsmetting van kleinere hoeveelheden in vele gevallen de voorkeur verdient boven elk der andere.

De electriciteit wordt hierbij op twee verschillende manieren gebezigd.

Allereerst doordat de elektrische energie in warmte wordt omgezet: waarbij de methode dus dezelfde voordelen biedt als die der toepassing van hoge temperaturen bij de partiële sterilisatie. Ook gebruikt men de electriciteit door tussen twee op een zekere afstand van elkaar in de grond aangebrachte elektroden een groot potentiaalverschil aan te leggen, waardoor vooral de grotere dierlijke organismen direct gedood worden.

Bij de praktische toepassing komen deze functies meestal naast elkaar voor en heeft nu eens de verwarmende, dan weer de electrocuterende werking de overhand.

Wordt de ontsmetting uitsluitend of voornamelijk door de verwarming van de grond verkregen, dan is de hoeveelheid toe te voeren energie bij benadering te berekenen. Men moet dan berekenen hoeveel warmte ( $Q$ ) er nodig is om een bepaalde hoeveelheid grond tot een zekere temperatuur te verhitten. Dit kan dan gebeuren met de formule:

$$Q = O. d. s. c. (t_1 - t_u)$$

Hierin stelt  $Q$  de benodigde hoeveelheid warmte in kcal. voor.

$O$  is het oppervlak van de te verwarmen grond (in  $\text{dm}^2$ ),  $d$  is de diepte tot welke verwarmd wordt (in  $\text{dm}$ ).  $t_u$  is de temperatuur van de onverwarmde grond (in  $^\circ\text{C}$ ),  $t_1$  die tot welke de grond moet worden verwarmd.

Voorts geeft  $s$  het soortelijke gewicht en  $c$  de soortelijke warmte van de grond aan. Het product hiervan is de hoeveelheid warmte in kcal, welke nodig is om 1 liter grond  $1^{\circ}\text{C}$  in temperatuur te verhogen. Dit product  $c.s$  bedraagt volgens MITSCHERLICH, indien de helft van het poriënvolume van de grond met water, de andere helft met lucht gevuld is: voor zand  $c.s = 0,51$ , voor humus  $c.s = 0,52$  en voor klei  $c.s = 0,53$ . In een bepaald geval vond POLAK (1920) voor een zandige tuingrond  $s = 1,2$  en  $c = 0,35$ ,  $c.s$  dus  $0,42$ . Om nu de werkelijk benodigde hoeveelheid warmte te weten moet men  $Q$  nog met een toeslag vermeerderen voor de warmteverliezen, welke tijdens de verwarming optreden.

Deze verliezen zijn zeer afhankelijk van de duur van het proces en van de warmteisolatie, welke wordt aangebracht. Onder gunstige omstandigheden moet men nog op een verlies van 50% rekenen. Bij onze proeven met de elektrische grondontsmetter werden deze verliezen een enkele maal tot  $\pm 30\%$  beperkt.

Nemen we als voorbeeld een perceel kleigrond met een soortelijke warmte per liter  $c.s = 0,53$ , een temperatuur van  $20^{\circ}\text{C}$  en een oppervlakte van  $1 \text{ m}^2$  dat tot 25 cm diepte tot  $100^{\circ}\text{C}$  moet verwarmd worden, dan is de benodigde hoeveelheid warmte volgens bovenstaande formule:

$$Q = 100 \cdot 2,5 \cdot 0,53 \cdot (100 - 20) \text{ kcal.} = 10600 \text{ kcal.}$$

Geschiedt de sterilisatie onder gunstige omstandigheden dan kan met een toeslag van 50% worden volstaan, en moet dus  $10600 + 5300 = 15900$  kcal, worden toegevoerd. Daar 1 kWh equivalent is aan 860 kcal, is hiervoor dus ruim 18 kWh nodig. Bij de proeven van DIX en RAUTENBERG (1933), welke straks nog nader zullen worden beschreven, werd onder gunstige omstandigheden, per  $\text{m}^2$  grond omgerekend, zelfs met een stroomverbruik van 16.6 kWh een verhoging van de temperatuur van  $80^{\circ}\text{C}$  verkregen.

Het is van belang, dat de warmte in de betrekkelijk korte tijd van ongeveer 2 uur wordt ontwikkeld, daar anders de warmteverliezen te groot worden.

Men kan de warmte o.a. met behulp van verwarmingselementen (elementenontsmetter) verkrijgen. Deze methode werd in Amerika vanaf 1931 gebruikt voor het pasteuriseren van grond, waaronder verstaan wordt het verwarmen van de grond tot een temperatuur van  $40$  à  $70^{\circ}\text{C}$  (HORSFALL 1935) doch ook wel voor het verwarmen tot hogere temperaturen ( $80$  à  $85^{\circ}\text{C}$ ) (NEWHALL, CHUPP en GUTERMANN 1934), gedurende meerdere uren.

In de ontsmetter welke HORSFALL bezigde waren de verwarmings-elementen bedekt met aluminium vinnen ter verbetering van de warmteverspreiding. De kisten waren voorzien van een scharnierende bodem, zodat de grond na het ontsmetten gemakkelijk te verwijderen



was. Zij worden thans gemaakt tot een maximale inhoud van 1 cu. yd (765 liter) grond, waarbij dan voor de verwarming, elementen met een totaal vermogen van 5 kW worden ingeschakeld.

De ontsmetter, welke NEWHALL e.a. (1934) gebruikten, is in fig. 1 afgebeeld. Hierbij zijn de verwarmingselementen in buizen aangebracht.

Het stroomverbruik bij deze methode was voor de verwarming tot ca. 85°C ongeveer 40—45 kWh per m<sup>3</sup> of 40—45 Wh per liter grond.

De temperatuur in de kist was tamelijk ongelijkmatig; desniettemin werden met de bestrijding van enkele schimmels zeer goede resultaten verkregen. Een voordeel van deze methode is nog, dat met een temperatuurregelaar de verwarmingselementen op elke gewenste temperatuur geschakeld kunnen worden.

De beste methode is die, waarbij de grond zelf als weerstand wordt gebruikt, en de stroom dus door de grond zelf geleid wordt met behulp van een tweetal elektroden. De ontsmetting wordt hier zowel door verwarming, alsook door electrocutie van de grotere dieren zoals wormen e.d. teweeg gebracht. Naar de uitvoering kan men hierbij onderscheiden: een methode, waarbij de ontsmetting plaats vindt in een geïsoleerd opgestelde kist en een, waarbij de ontsmetting ter plaatse gebeurt, door in de grond afzonderlijke repen metaal aan te brengen, welke met het elektrische leidingnet verbonden worden.

De ontsmetting van grond in een geïsoleerd opgestelde kist, werd vermoedelijk voor het eerst toegepast in 1931 door Ir W. G. v. D. KROFT, Rijkstuinbouwconsulent en J. v. GROEN, ingenieur bij de N.V. Prov. Limburgsche Electr. Mij. te Maastricht. Zij construeerden hiervoor een apparaat (electrodenontsmetter) (fig. 2), dat bestaat uit een geïsoleerd opgestelde houten kist, waarvan tegen twee zijden metalen platen zijn bevestigd, welke direct aan het gewone laagspanningsnet worden aangesloten. Om deze kist is dan ter bescherming met enige cm tussenruimte een andere kist aangebracht, welke van plaatijzer is vervaardigd. Het deksel van deze kist kan alleen geopend worden, indien de stroom uitgeschakeld is. Een nadere omschrijving van een dergelijke kist, welke wij ook bij onze proefneming bezigden, vindt men op p. 29.

Bij de behandeling wordt de binnenste kist met grond gevuld. Na de inschakeling vindt de stroomovergang door de grond zelf tussen de twee elektroden plaats. De grond wordt nu verwarmd. Bij de stijging van de temperatuur neemt de weerstand van de grond af en wordt de stroom sterker, totdat een temperatuur van 100°C is bereikt. Nu begint het water in de grond te koken en verdampt zeer snel, waardoor de grond uitdroogt, en zich van de wanden terugtrekt, zoodat de stroom a.h.w. automatisch verzwakt. Hierna kan de grond gebruikt worden, ofschoon het in sommige gevallen aanbeveling verdient, om de grond eerst nog enige weken in een vochtige toestand te bewaren. De

boven beschreven wijze van steriliseren is zeer geschikt voor kleinere hoeveelheden grond.

Om grote hoeveelheden grond ineens te ontsmetten is zij voorlopig minder bruikbaar, omdat de stroomsterkte daarvoor zeer hoog moet zijn.

Als de belangrijkste voordelen van deze ontsmettingsmethode zijn aan te merken:

1°. De eenvoudige bediening van het toestel, die beperkt blijft tot het inbrengen en later uithalen van de grond en het inschakelen van de elektrische stroom.

2°. Dat de grond na afloop van het ontsmettingsproces in een behoorlijke vochtigheidstoestand verkeert en poreus is.

3°. Dat door toevoeging van water op een eenvoudige wijze de tijd globaal kan geregeld worden, gedurende welke de temperatuur tijdens het proces op 100°C blijft.

4°. Dat evenals bij het steriliseren met behulp van stoom (waarbij de grond wel eens te nat kan worden) de voedingsstoffen, vooral de stikstof, meer ter beschikking van de planten komen.

5°. Dat de aanschaffingskosten van het toestel laag zijn.

Met deze methode van grondontsmetting werden door ons verschillende proeven genomen, teneinde een beter inzicht te verkrijgen in de benodigde hoeveelheid stroom. Verder werd de invloed van het water, van kunstmest (electrolyten) en van het samendrukken van de grond op de geleidbaarheid van de bodem onderzocht. Ook werd de uitwerking van het steriliseren op de ontwikkeling van enige gewassen nagegaan. Deze proeven zullen in hoofdstuk V—IX nader beschreven worden.

Nadat het onderzoek reeds afgesloten was, namen wij nog kennis van enige publicaties uit Amerika, betreffende de elektrische grondsterilisatie, terwijl wij kort geleden de gelegenheid hadden een Amerikaansen kweker te spreken. Zowel uit de genoemde publicaties als uit het gesprek met den Amerikaan bleek ons, dat in Amerika electriciteit voor grondontsmetting in 1935 reeds vrij algemeen werd toegepast. Men onderscheidt daar de indirecte methode (element type sterilizer), waarbij de grond in een kist met behulp van verwarmingselementen in buizen verwarmd wordt, en de door ons gebruikte manier, waarbij de grond zelf als weerstand gebruikt wordt (resistance type sterilizer). Als voordelen van de indirecte methode worden door BLAUSER (1935) genoemd:

1°. dat er een bepaald en bekend stroomverbruik plaats vindt,

2°. dat alle gronden op dezelfde wijze behandeld kunnen worden,

3°. dat er minder gevaar aan verbonden is dan bij de directe methode.

Hiertegenover geeft hij als nadelen op:

- 1°. dat de aanschaffingskosten groter zijn,
- 2°. dat de ontsmetting zelf duurder is,
- 3°. dat een veel ongelijkmatiger verwarming van de grond verkregen wordt dan bij de directe methode.

Dit laatste nadeel komt vooral tot uiting indien de grond weinig water bevat, zoals uit het onderzoek van TAVERNETTI (1935<sup>2</sup>) over de temperatuurverdeling in gronden met een verschillend vochtgehalte blijkt. Ook BLAUSER vond, dat in een bepaald geval bij de elementontsmetter de temperatuur tussen 70 en 149°C varieerde. Als voordelen van de weerstandsontsmetter somt BLAUSER dan de volgende op:

- 1°. lage aanschaffingskosten;
- 2°. de lagere kosten voor de ontsmetting (kleiner electriciteitsverbruik);
- 3°. een gelijke temperatuur door de gehele grondmassa (hetgeen evenwel afhankelijk is van de wijze, waarop de elektroden zijn aangebracht);
- 4°. een eenvoudige constructie, zodat bijna iedereen zijn eigen ontsmetter kan maken (deze zijn in Amerika van hout vervaardigd).

Dan worden de volgende nadelen genoemd:

- 1°. dat de electriciteitsafname niet constant is;
- 2°. dat er voorzichtiger met deze ontsmetter moet gewerkt worden dan met een ontsmetter volgens het indirecte type. Het gevaar wordt vrijwel uitgeschakeld, indien een veiligheidsschakelaar gebruikt wordt (men gebruikt hiernaast soms ook nog een stroombegrenzer).

Volgens BLAUSER heeft C. W. WILDEBOUR de weerstandsontsmetter uitgevonden. Deze ontsmetter blijkt dus vrijwel gelijktijdig in Amerika, in Nederland en misschien ook nog in Engeland te zijn ontstaan. In de noordelijke staten van Amerika wordt vooral de in Ohio geconstrueerde ontsmetter gebruikt, waarbij als elektroden metalen platen dienst doen, welke tegen de opklapbare deksels en bodems bevestigd zijn (BLAUSER 1935, NEWHALL 1935). Hierbij was bij een elektrode-afstand van 25 cm en een inhoud van de kist van 54 dm<sup>3</sup>, bij een temperatuur van 100°C, het vermogen (bij 220 V) 10 kW en meer. In andere staten gebruikt men wel verticaal, op een korte afstand van elkaar aangebrachte elektroden, welke om de andere op een verschillende fase worden aangesloten (KREWATCH en KABLE 1933, TAVERNETTI 1935<sup>1</sup>). Ook namen KREWATCH en KABLE proeven in tabletten in kassen en in de volle grond. Zij geven op, dat voor een verwarming tot 180°F (82°C) in kisten per m<sup>3</sup> 30–36 kWh, in een tablet 36–48 kWh en in de volle grond 48–60 kWh nodig was. De begintemperatuur wordt niet opgegeven.

NEWHALL (1935) wijst erop, dat de grond bij het brengen in de ont-

smetter iets vochtiger moet zijn, dan voor de planten als optimum geldt, d.i. voor zand 6-8 %, voor klei 18-24 % en voor mest (veen) 120-150 % van het drooggewicht. Ook mag het vochtgehalte van de te behandelen grond bij de weerstandsmethode in verband met het uitdrogen aan de elektroden niet kleiner zijn dan  $\frac{2}{3}$  van de watercapaciteit van de grond (dit geldt speciaal in het geval, dat de elektroden horizontaal zijn aangebracht).

BLAUSER gaat o.a. de invloed van het vochtgehalte, en van Kaliumchloride na en bepaalt met A. L. PIERSTORFF de letale temperatuur voor verschillende organismen bij gebruik van de elementontsmetter. Volgens hen worden onkruidzaden en *nematoden* na een behandeling tot 60°C, *Fusarium* bij 66°C gedood.

Door KREWATCH en KABLE, en door TAVERNETTI (1935<sup>1</sup>) werd een soortgelijke reeks van proefnemingen gedaan, als ook door ons verricht zijn. Beiden maakten zij gebruik van verticaal, op 5-20 cm van elkaar geplaatste elektroden.

KREWATCH en KABLE namen zowel proeven in een kist als in een tablet, en vergeleken daarbij de invloed van verschillende afstanden van de elektroden (bij gelijkblijvende spanning) op de stroomsterkte en het stroomverbruik. Zij geven een overzicht van het verloop van de stroomsterkte en de temperatuur tijdens de ontsmetting. Ook gaan zij de invloed na van verschillende vochtgehalten van de grond en van electrolyten. Hierbij gebruikten ze o.a. 155 g KCl per m<sup>3</sup>. Zij wijzen er voorts op, dat de grond goed moet worden fijngemaakt en het contact tussen de elektroden en de grond door aandrukken te verbeteren is.

TAVERNETTI (1935<sup>1</sup>) wijst er naar aanleiding van zijn proeven op, dat bij een kleinere afstand tussen de elektroden, de weerstand niet in evenredigheid afneemt, omdat de overgangsweerstand dan een groter gedeelte van de totale weerstand vormt. Als electrolyten gebruikte hij NaCl en (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>. Dit laatste zout gebruikte hij bij verschillende grondsoorten (zand, klei). Met de toevoeging aan zand werd een groter effect verkregen dan bij die aan klei. De invloed van verschillende spanningen werd door hem nagegaan, waarbij bleek, dat de stroomsterkte vrijwel evenredig met de spanning toenam. Uit één van zijn grafieken blijkt voorts, dat de verhouding tussen de stroomsterkte bij 10°C ( $I_{10}$ ) en die bij 100°C ( $I_{100}$ ) dus  $\frac{I_{10}}{I_{100}}$  (zie p. 54 e.v.) bij een lage spanning groter is dan bij een hogere spanning. Voor 50 Volt is deze verhouding 0,385 en voor 220 Volt 0,28. Door ons werd (zie p. 59) o.a. 0,336 gevonden. Vermoedelijk speelt de stroomdichtheid hier een grotere rol dan de spanning.

De elektrische ontsmettingswijze, waarbij in de grond afzonderlijke repen metaal worden aangebracht, welke met de secundaire klemmen

van een transformator verbonden zijn en als vrij in de grond geplaatste elektroden dienst doen, waartussen de stroomovergang plaats vindt, en waarbij dus de stroom zich een weg door de grond zelf kiest, werd door DIX en RAUTERBERG (1933) nader onderzocht.

Bij hun proeven bezigden zij spanningen tussen 200 en 2750 Volt en werden de repen blik, welke als elektroden dienst deden, op een afstand van 20–200 cm van elkaar in de grond gegraven. De beste resultaten werden verkregen met een spanning van 500 Volt en een afstand van 50 cm tussen de elektroden, waarbij het contact tussen de elektroden en de grond door aangieten met water verbeterd en de geleidbaarheid van de grond door het gebruik van kunstmest vergroot werd.

Uit hun proeven blijkt weer zeer duidelijk, dat het voor een praktische toepassing noodzakelijk is, dat de verwarming tot de gewenste temperatuur binnen enige uren plaats vindt, daar anders de warmteverliezen in verhouding tot de toegevoerde hoeveelheid energie belangrijk worden.

Ofschoon deze methode in bepaalde gevallen zeer goed te gebruiken is, zijn er over het algemeen nu nog de volgende bezwaren te opperen:

1°. Het grote gevaar, dat verbonden is aan de toepassing van hoge spanningen in kassen en in het vrije veld, waarbij het meestal niet mogelijk is, de noodzakelijke beveiligingsmaatregelen te nemen.

2°. De hoge stroomsterkte, welke voor een enigszins uitgebreide toepassing nodig is. De hierbij optredende belasting van het plaatselijke elektriciteitsnet, zal dan ook niet zonder tussenkomst van een transformator kunnen plaats vinden. Indien deze methode nader wordt uitgewerkt zal ze vermoedelijk in de toekomst bruikbaar wezen.

De ontsmetting van de grond door middel van electrocutie werd op enigszins uitgebreider schaal voor het eerst in Aalsmeer toegepast bij de bestrijding van de *Sciara* larven.

Het was daar op verschillende kwekerijen praktisch onmogelijk om goede varenplanten (vooral van *Adiantum scutum*) te telen, doordat de jonge plantjes door de larven van de rouwvlieg (*Sciara*) werden afgevreten. Om dit euvel te bestrijden werden in 1932 door AUGUSTEIN in samenwerking met het Prov. Electriciteits Bedrijf in Noord-Holland (Plantenz.k. Dienst 1934) enige proeven genomen, waarbij in kistjes met varenplantjes twee elektroden op  $\pm 40$  cm afstand van elkaar geplaatst werden, waartussen een spanning van 220 en 380 Volt werd aangebracht. De verkregen resultaten waren echter onbevredigend.

In 1933 zette J. T. VAN BRUSSEL (†) deze proeven voort en bemerkte toen, dat bij een spanning van 220 Volt tussen de elektroden, de larven wel boven de grond (die goed bevochtigd werd) kwamen, doch verder schijnbaar weinig last van de stroom ondervonden. Bij het aanleggen van 380 Volt kronkelden zij zich vrij sterk en werd een aantal van hen

gedood, terwijl bij de toepassing van 500 Volt gedurende 5-15 minuten ze voor een zeer groot gedeelte geëlectrocuteerd werden. Deze proeven werden genomen in kistjes van  $42 \times 36 \times 7\frac{1}{2}$  cm, waarbij dan langs de korte kanten de 5 cm brede elektroden tot 4 cm diepte in de extra bevochtigde grond werden gedrukt.

Na de voorbereidende proeven werd door de FA. HERINGA & WÜTRICH te Haarlem, bij de FA. WED. P. EVELEENS te Aalsmeer een installatie gemaakt (fig. 3), waarmee een groter oppervlakte kon behandeld worden.

De benodigde spanning wordt met behulp van een 5 kVA transformator van speciale constructie verkregen. Van de secundaire 500 V. leiding kan dan op 10 plaatsen (fig. 3) (a) stroom afgenomen worden; dit geschiedt door verbindingskabels met 2 contactklemmen (b) aan het vrije uiteinde, welke op de desbetreffende elektroden (c) gezet worden. Deze elektroden worden over de gehele breedte van een tablet (2 m) met een tussenruimte van 38 cm tot 2 cm in de grond gedrukt, en bestaan uit 5 cm brede en 50 cm lange stroken geamalgameerd blik. De elektroden van 2 verschillende veldjes zijn van elkaar gescheiden door een verticaal geplaatste, 15 cm brede glazen ruit (d). Vóór het inschakelen van de stroom wordt de grond met de varenplantjes eerst met een pulverisator besproeid.

De inschakeling van de installatie is alleen mogelijk wanneer de deur van de kas op slot is gedraaid, zodat hierdoor het gevaar voor ongelukken sterk gereduceerd is.

De stroom wordt meestal gedurende 5 minuten ingeschakeld, de *Sciara*-larven komen dan naar boven, kronkelen zich en gaan dood. De behandeling wordt nooit langer dan 10-15 minuten voortgezet, aangezien anders de grond te warm wordt.

Omtrent de inwerking op schimmels en bacteriën kan nog weinig met zekerheid gezegd worden, al meende v. BRUSSEL wel opgemerkt te hebben, dat in de op boven beschreven wijze behandelde grond de planten zich beter ontwikkelden en minder door schimmels werden aangetast.

### III. DE VERANDERINGEN, WELKE DOOR DE ONTSMETTING IN DE GROND VEROORZAAKT WORDEN

Door de partiële grondsterilisatie worden behalve in het aantal en de aanwezigheid van bepaalde dierlijke en plantaardige organismen, ook een grote verandering in de chemische en fysische toestand van de grond teweeg gebracht. Waar de wijziging van een enkele factor in de grond, door de onderlinge afhankelijkheid van de verschillende samenstellende delen, reeds belangrijke wijzigingen in de aanwezige verhoudingen tot gevolg kan hebben, is het niet te verwonderen, dat

de veranderingen, welke optreden na een zo ingrijpende bewerking als de grondontsmetting door verhitting, waarbij vele factoren een wijziging ondergaan, zeer groot moet zijn. Omtrent de veranderingen zelf zijn de meningen zeer verschillend. Wij wijzen er in dit verband op, dat de krachtige groei van de planten op een behandelde grond niet alleen het gevolg van de vernietiging van bepaalde parasitaire organismen behoeft te zijn, doch dat deze ook kan samenhangen met de veranderingen in de structuur, in de chemische toestand en de gewijzigde microbiologische verhoudingen in de grond.

Wij zullen de verschillende veranderingen, die in de bodem optreden aan de hand van de literatuur slechts zeer in 't kort bespreken.

De *physische toestand* van de grond verandert doordat de lucht tijdens de verhitting uitzet, waardoor evenals door de zich ontwikkelende waterdamp de gronddeeltjes van elkaar worden gedrukt en de grond daardoor poreuzer wordt. Dit is in het bijzonder het geval, indien de grond tot 100°C wordt verhit of als men er stoom invoert. Een grond, welke op een dergelijke wijze behandeld is, heeft daarna een kruimelig voorkomen (zie fig. 4 rechts). Een ontsmetting met kokend water of stoom in een natte grond heeft daarentegen een dichtslibben daarvan tengevolge, waardoor de structuur geheel bedorven kan worden. Bij de droge verhitting door middel van vuur, wordt de grond over het algemeen zeer ongelijkmatig verhit. Op plaatsen waar de verhitting te groot wordt kan de physische toestand van de grond slechter worden. Men zegt dan, dat de grond „dood” is, wat aan de dehydratie van de kolloïden is toe te schrijven.

Bij de bespreking der *chemische veranderingen* moeten we onderscheid maken tussen die, welke als een direct gevolg van de behandeling te beschouwen zijn en die, welke veroorzaakt worden door de veranderde verhoudingen in de microflora en -fauna van de grond.

Tot de eerst genoemde rekenen wij, bij de verhitting van de grond, de grotere oplosbaarheid van de organische stof.

Volgens RUSSELL & HUTCHINSON (1909), WAKSMAN (1917) neemt de hoeveelheid opneembare stikstof toe in evenredigheid met de hoeveelheid organische stof, welke in de grond aanwezig is. Ook neemt de oplosbaarheid toe van de fosfaten en andere minerale stoffen. Volgens RUDAKOW (1928) neemt ook de hoeveelheid bodemzuren toe.

Het gebruik van antiseptica kan een wijziging brengen in de toestand van de grond. Sommige van deze stoffen worden nl. omgezet en dienen dan wel als energiebron voor bepaalde micro-organismen (MATTHEWS 1924).

WAKSMAN & STARKEY (1923<sup>3</sup>) wijzen er op, dat door de vernietiging van een groot aantal micro-organismen in de grond en door het ver-

kwistend gebruik, dat de bacteriën dan van de stikstofhoudende organische stof maken, er een grote hoeveelheid ammonium als afvalproduct vrijkomt.

Volgens WAKSMAN (1922<sup>a</sup>) neemt later de hoeveelheid stikstof in de vorm van nitraten weer toe en wel omgekeerd evenredig met het aantal bacteriën en fungi. Het onderzoek van ERDMANN (1928) gaf hiervan geen bevestiging.

De koolzuurvorming bereikt enige dagen na de ontsmetting een maximum, daarna vermindert de vorming meestal weer zeer snel, indien weinig organische stof aanwezig is. Is er veel organische stof beschikbaar, dan verloopt de daling meestal geleidelijker. De snelle toename van de koolzuurvorming is volgens WAKSMAN & STARKEY (1923<sup>a</sup>) het gevolg van de snelle vermenigvuldiging van de bacteriën en fungi in de grond. SKINNER (1927) schrijft de verhoogde koolzuurvorming vooral aan de vermeerdering der fungi toe.

De invloed van de ontsmetting op de organismen is zeer verschillend.

Van de insecten kan men aannemen, dat practisch alle vormen bij een verhitting van de grond tot 60°C gedood worden, terwijl ze ook zeer goed met zwavelkoolstof te bestrijden zijn. Omtrent de mogelijkheid van electrocutie zijn er nog weinig gegevens bekend, al is het wel zeker, dat deze bij de grotere insecten, en vooral bij de larven hiervan met een minder gecutiniseerde huid, op een eenvoudige wijze kan geschieden, daar zelfs de kleine maden van de rouwvlieg *Sciara*, welke de jonge varenplantjes afvreten, op deze wijze met veel succes bestreden kunnen worden. Een dergelijke bestrijding kan toegepast worden bij engerlingen, ritnaalden, veenmollen, emelten, maden van de narcisvlieg, enz.

Bij het electrocuteren zijn naast grootte en bouw van het organisme, ook de uitwendige omstandigheden tijdens de uitvoering van zeer grote betekenis.

Ook de regenwormen worden door electrocutie gedood, hetgeen meestal weinig betekenis heeft. Voor de vernietiging van aaltjes (nematoden) moet een zoo groot potentiaalverschil in de grond aangebracht worden, dat een practische uitvoering der bestrijding door electrocutie nog nadere uitwerking behoeft. Wel kan men deze dieren zeer goed bestrijden door de grond electrisch te verwarmen. Het wortelaaltje (*Heterodera radicicola*) wordt volgens FUCHS ook in zijn ruststadium (cysten) door een verwarming van de grond tot 63°C gedood, terwijl hetzelfde resultaat met electrische verwarming volgens DIX en RAUTENBERG (1933) bij een temperatuur van 50-55°C wordt bereikt. Ook door „stomen” kan het wortelaaltje zeer goed vernietigd worden, zelfs met het overgieten van de grond met kokend water werden goede resulta-



ten verkregen (ZIMMERLEY & SPENCER 1923).

Andere aaltjes zijn zeer goed te bestrijden door de aangetaste planten onder te dompelen in water, dat met behulp van elektrische verwarming en een temperatuurschakelaar zeer nauwkeurig op een bepaalde temperatuur kan worden gehouden.

Voor de bestrijding van stengelaaltjes *Tylenchus devastatrix* (*Anguillula dipsaci*) in Narcis- en Hyacintenbollen is een onderdompeling van de bollen in water van  $43\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  gedurende 3 uren voldoende, (VAN SLOOTEREN 1920) terwijl het bladaaltje (*Aphelenchus olesistus*) door onderdompeling van de aangetaste planten gedurende 5 minuten in water van  $50^{\circ}\text{C}$  of gedurende 10 minuten in water van  $43^{\circ}\text{C}$  gedood wordt. De planten moeten dan reeds vooraf gedurende een uur in water van  $18-20^{\circ}\text{C}$  zijn gebracht, om de aaltjes naar buiten op de bladeren te krijgen.

Het water kan hierbij het gemakkelijkst met elektrische dompelementen of met behulp van verwarmingskabels worden verwarmd.

Van de *micro-organismen* zijn een zeer groot aantal in de grond aanwezig. De voornaamste groepen zijn: *bacteria*, *fungi*, *algae*, *actinomycetes* en *protozoa*. De betekenis van deze groepen van organismen is zeer verschillend. Ofschoon bekend is, dat er een sterke wisselwerking tussen hen bestaat, is omtrent de leefwijze van vele hunner nog weinig bekend. Door het sterke onderlinge verband, dat zij vormen, is het ingrijpen in de ontwikkeling van een bepaalde groep ook direct van betekenis voor de andere groepen. Over het verloop van de onderlinge inwerking is echter slechts weinig bekend, en het is dan ook geen wonder, dat omtrent de betekenis van de grondontsmetting, waarbij veelal zeer sterk in het leven van alle groepen wordt ingegrepen, vele theoriën bestaan.

Ofschoon algemeen wordt aangenomen, dat de vruchtbaarheid van de bodem na een ontsmetting groter wordt, zoekt de een deze toename in de vernietiging van bepaalde groepen van organismen (b.v. de protozoën) waardoor andere groepen, b.v. de bacteriën, zich beter kunnen ontwikkelen; anderen (o.a. WAKSMAN) daarentegen beschouwen als hoofdoorzaak der toename de vernietiging van de organismen als zodanig. Hierbij zou n.l. voor de planten en de overblijvende organismen een grote hoeveelheid gemakkelijk opneembare stof beschikbaar komen. Voor deze theorie pleit o.a., dat men kunstmatig de vermeerdering van het aantal bacteriën kan verkrijgen door bepaalde organische stoffen aan de grond toe te voegen. Weer anderen schrijven de betere ontwikkeling der planten toe aan het doden van ziekteverwekkende schimmels en bacteriën. Nog weer anderen menen, dat de vernietiging van bepaalde toxinen een betere ontwikkeling van de bacteriën ten gevolge heeft, terwijl deze ook wel aan de voedingswaarde van de toe-

gevoegde ontsmettingsmiddelen wordt toegeschreven.

WAKSMAN & STARKEY wijzen er op, dat het voor een goed begrip van de veranderingen in de groei en van de werkzaamheid van de verschillende groepen van micro-organismen in de grond, als resultaat van een partiële sterilisatie, noodzakelijk is, een goed inzicht te hebben in de stofwisseling van deze groepen van micro-organismen.

Speciaal geldt dit voor de stofwisseling van de stikstof en van de koolstof. In bepaalde gevallen moet ook nog onderscheid worden gemaakt tussen de koolstof, welke voor de opbouw en die, welke voor functionele processen gebezigd wordt en evenzo tusschen de hoeveelheid stikstof, welke voor de synthese van het protoplasma van deze lagere organismen wordt gebruikt en die, welke vrijkomt als afvalproduct in de vorm van ammoniak.

Hun onderzoekingen brengen hen er toe aan te nemen, dat er geen belangrijke toe- of afname van de totale hoeveelheid koolstof en stikstof in de grond als het resultaat van de werkzaamheid dezer organismen plaats vindt, ofschoon er wel een verandering in de physische en chemische toestand van de grond kan komen.

Van de invloed der wieren op de chemische veranderingen in de grond is zeer weinig bekend. Nog minder weet men omtrent de werkzaamheid van de ultramicroscopische en de filtreerbare organismen, welke zonder twijfel in de grond leven. (WAKSMAN & STARKEY 1923<sup>3</sup>)

Hier zal daarom verder volstaan worden met een kort overzicht van de partiële sterilisatie ten opzichte van de protozoën, de actinomyceten de bacteriën en de fungi, waarbij ook de inwerking der organismen op elkander zal gememoreerd worden.

De *protozoen* werden vooral door RUSSELL en HUTCHINSON (1909, 1913) doch ook door anderen, o.a. BUDDIN (1914) als de hoofdoorzaak van het zgn. ziek worden van de grond beschouwd. De eerstgenoemden stelden zelfs de zgn. protozoëntheorie op, volgens welke de bacteriën in de bodem in hun ontwikkeling door de protozoën worden tegengehouden, waardoor de grond in een toestand geraakt welke voor de plantengroei schadelijk is. Zij kwamen tot deze theorie, doordat zij opmerkten, dat bij een verhitting van de grond tot 55°C het aantal bacteriën sterk toenam, terwijl dit bij een verwarming tot 45°C nog niet het geval was. Daarnaast was bekend, dat enige groepen van protozoën nl. de amoeben en de ciliaten bij ca 55°C gedood worden. De flagellaten schijnen deze temperatuur nog grotendeels te overleven.

Voorts bleek uit het onderzoek van CUTLER, CRUMP & SANDOW dat de dagelijkse schommelingen van het aantal bacteriën tegengesteld zijn aan die der protozoën. Veel meer is echter o.i. te zeggen voor de theorie van WAKSMAN, die alle micro-organismen meer in onderling verband

ziet en hun verhoudingen als resultaat beschouwt van de beschikbare voedingsstoffen. Volgens WAKSMAN (1927) pleit tegen de protozoëntheorie, dat de protozoën zich soms reeds sterk ontwikkelen in een partiël gesteriliseerde grond, voordat de bacteriën hun maximum aantal bereiken hebben en bovendien, dat de ontwikkeling der fungi ongeveer gelijk is aan die der bacteriën, d.w.z. dat er een snelle stijging van het aantal schimmels vlak na de ontsmetting plaats vindt, welke gevolgd wordt door een langzame daling. Voorts merkt hij op, dat de nitraatvorming met de ontwikkeling van bacteriën en schimmels afneemt en daarentegen toeneemt als hun aantal vermindert, terwijl in bepaalde gevallen de koolzuurontwikkeling nog groot is, lang nadat de protozoën zich weer normaal ontwikkelen.

In dit verband wijzen WAKSMAN & STARKEY (1923<sup>1</sup>) er nog op, dat het zeer wel mogelijk is, dat de protozoën voor de ontwikkeling van de bodem als bepalende factor optreden in bepaalde abnormale gronden, waaronder zij dan gronden met bagger bemest of bepaalde kasgronden verstaan, waarbij de bodem practisch met water verzadigd is en een grote hoeveelheid organische stof bevat.

Terwijl SKINNER (1927) opmerkte, dat het aantal bacteriën door de amoebe *Hartmanella* in de grond verminderde, met als gevolg een kleine afname van de koolzuurvorming en een ophoping van ammoniakstikstof, namen CUTLER & CRUMP (1928) waar, dat 3 soorten bacteriën een zeer verschillende voedingswaarde voor de *Hartmanella* hadden.

Uit het onderzoek van SEVERTZOVA (1928) bleek, dat verschillende soorten bacteriën en schimmels als voedingsbron voor amoeben in rein-cultuur dienst kunnen doen, doch dat dit voor actinomyceten niet gold. Entte zij gesteriliseerde grond met bacteriën en amoeben, dan bleek, dat de normale ontwikkeling der bacteriën niet werd tegengehouden; wel waren er bij de aanwezigheid van amoeben veel minder niet-sporenvormende bacteriën, dan sporenvormende bacilli aanwezig.

Volgens WINOGRADOWA & GURFEIN (1928) blijkt uit het onderzoek van IMAO HINO, die de invloed van protozoën op *Azotobacter* naging, dat het zuurgehalte van de grond door de werkzaamheid der protozoën afneemt, waardoor de ontwikkeling van *Azotobacter* gestimuleerd wordt. Na opgemerkt te hebben dat de protozoën zich met bacteriën voeden, komt hij dan verder nog tot de conclusie, dat de invloed van de protozoën op de plantengroei grotendeels van de vochtigheid van de grond afhankelijk is en wel, dat zij in normaal vochtige grond van weinig betekenis zijn, in zandgronden met een laag vochtgehalte, de ontwikkeling van de stikstofbindende bacteriën zouden bevorderen en in kasgronden met een hoog vochtgehalte zeer veel bacteriën zouden vernietigen en de plantengroei tegengaan.

Tot nader onderzoek kweekten zij amoeben en *Azotobacter* in gesteri-

liseerde grond, waarbij hun bleek, dat de amoeben zich met *Azotobacter* voedden en deze tegelijkertijd tot een sterkere vermeerdering stimuleerden. Werd aan de steriele grond 1% manniet toegevoegd, dan ontwikkelde *Azotobacter* zich beter indien er ook amoeben aanwezig waren.

Uit het bovenstaande zouden we misschien tot de volgende algemene conclusies kunnen komen:

1°. Bepaalde protozoën voeden zich met niet-sporen-vormende bacteriën en sommige soorten schimmels.

2°. De invloed van de protozoën op de plantengroei is meestal alleen van schadelijke betekenis in bepaalde waterrijke gronden met veel organische stof, waartoe o.a. verschillende kasgronden behoren.

Het aantal *actinomyceten* wordt door de partiële sterilisatie van de grond ongeveer even sterk gereduceerd als het aantal bacteriën. Daar zij zich echter langzaam vermeerderen, is hun percentage, dat meestal ca 10% van het aantal bacteriën is t.o.v. het totale aantal micro-organismen enige tijd na de sterilisatie sterk gedaald, tenzij er een rijkelijke energiebron, b.v. van cellulose, is toegevoegd (WAKSMAN & STARKEY 1923<sup>3</sup>).

BURGESS (1929) merkt daarentegen op, dat na een partiële sterilisatie door verbranden van afval op de grond bepaalde soorten warmteminnende *Actinomycetes* sterk in aantal toenemen. In hun stofwisseling staan zij tussen de *fungi* en de *aerobe bacteriën* in, daar zij als energiebron zowel cellulose en andere koolhydraten, als ook eiwitten, ammoniakzouten, nitraten en aminozuren gebruiken.

WAKSMAN & STARKEY (1923<sup>3</sup>) betwijfelen of de *actinomyceten* een direct verminderende invloed op het aantal bacteriën hebben, ofschoon zij bij vermindering van deze laatste in verhouding toenemen, welke wisselwerking ook door ERDMANN (1928) werd waargenomen.

Sommige *actinomyceten* vormen echter stoffen, welke giftig zijn voor bacteriën (GREIG SMITH); dit is hieraan te zien, dat zich om bepaalde *Actinomycetes*-koloniën, die op platen werden gekweekt, een zône vormt, welke vrij is van schimmel- en bacteriegroei.

Als ziekteverwekkende *actinomyceet* is vooral *Actinomyces (Oöspora) scabies* bekend, die de schurft van de aardappelknollen veroorzaakt.

Van de *bacteriën*, waarvan er in goede tuingrond wel tot 100 miljoen en meer per gram grond voorkomen, worden de meeste bij een verwarming van de grond tot 100°C gedood, alleen de sporenvormende bacteriën kunnen deze temperatuur eenige tijd doorstaan. Reeds na enkele dagen nemen echter vooral de niet-sporenvormende bacteriën weer zeer sterk toe en komen dan reeds spoedig in groter aantal voor dan vóór de behandeling. RUSSELL & HUTCHINSON (1913), BUDDIN (1914), WAKSMAN & STARKEY (1923<sup>3</sup>), MATTHEWS (1924) e.a.

WAKSMAN & STARKEY (1923<sup>3</sup>) merken nog op, dat de bacteriën als energiebron vooral eiwit, zetmeel en eenvoudige koolhydraten bezigen en de niet-sporenvormende bovendien nog cellulose afbreken. Zij hebben een hoog stikstofgehalte (ca 10%), hetgeen ongeveer twee maal zo hoog is als dat van de fungi. Doordat de niet-sporenvormende bacteriën zich snel vermeerderen en vooral eiwitten en andere stikstofverbindingen als koolstofbron bezigen, terwijl slechts een kleine hoeveelheid koolstof wordt geassimileerd en in microben-eiwit wordt omgezet, komt de meeste koolstof in de vorm van kooldioxyde en de stikstof als ammoniak vrij. De stikstof blijft dan bij afwezigheid van nitrificerende bacteriën in de grond als ammoniak achter.

De resultaten van de proeven van MATTHEWS (1924), die voor de ontsmetting van grond verschillende antiseptica bezigde, geven een bevestiging van de meening van WAKSMAN. Ook zij vindt, dat de stijging van het aantal bacteriën onafhankelijk is van de invloed van de protozoën, welke b.v. door toluol wel, door naftaline niet gedood worden. Gaf zij dan na het doden der protozoën een tweede dosis, dan nam zij weer een soortgelijke stijging van het aantal bacteriën waar als bij de eerste behandeling met het antisepticum. Zij beschouwt dan ook de sterke vermeerdering van de bacteriën meer als het gevolg van de voedingswaarde (verbrandingswaarde) der gebruikte antiseptica dan als het gevolg van de vernietiging der protozoën.

SKINNER (1927) meent, dat de theorie van MATTHEWS niet juist is omdat bij het drogen of stomen van de grond soortgelijke resultaten worden verkregen als bij de behandeling met antiseptica.

Uit de bovenstaande opsomming van de resultaten, welke verkregen werden bij het nagaan van de invloed van de partiële sterilisatie op de ontwikkeling der bacteriën, blijkt, dat de meningen over de oorzaak der veranderingen verdeeld zijn, wat o.i. niet behoeft te verwonderen, daar met verschillende gronden en onder verschillende omstandigheden werd gewerkt.

De *schimmels* vormen naast de bacteriën de belangrijkste groep van micro-organismen in de bodem. Ofschoon in aantal veel geringer (er zijn er meestal enige honderdduizenden, soms een paar miljoen per gram grond) zijn zij door hun sterke koolstof- en stikstofassimilatie en veelal ook door hun parasitaire werking van grote betekenis.

Als energiebron prefereren zij volgens WAKSMAN & STARKEY (1923<sup>3</sup>) de koolhydraten (cellulose, hemicellulose, zetmeel), ofschoon zij ook wel eiwitten bezigen. Als stikstofbronnen gebruiken zij nitraten, ammoniumzouten, aminozuren en eiwitten. Zij groeien zeer snel en kunnen tot 50% van de geassimileerde koolstof voor de opbouw van hun protoplasma benutten. Ofschoon het stikstofgehalte van de schimmels slechts 3,5-7,0% bedraagt, worden er toch door de sterke groei van het

mycelium grote hoeveelheden stikstof in eiwitten omgezet. Het gevolg hiervan is, dat bij aanwezigheid van grote hoeveelheden organisch materiaal met een gering stikstofgehalte (minder dan  $1\frac{1}{2}\%$ ) er veel  $\text{CO}_2$  vrijkomt en er stikstof nodig is, waarbij dan een afname van de hoeveelheid gemakkelijk opneembare stikstof in de grond plaats vindt.

Bij de snelle ontwikkeling van de schimmels ontstaat een strijd om de beschikbare energiebronnen met de heterotrofe bacteriën, waardoor het aantal van laatstgenoemden afneemt, en tevens, zoals boven reeds werd opgemerkt, de hoeveelheid oplosbare stikstof in de grond sterk vermindert.

Ook gaan zij de ontwikkeling der bacteriën wel tegen, doordat ze toxinen afscheiden. Volgens SKINNER (1927) is de nadelige invloed van de schimmels op de ontwikkeling der bacteriën dan ook even sterk of nog sterker dan van de protozoën.

Bij de partiële grondsterilisatie is vooral de uitwerking op de schimmels van zeer grote betekenis, omdat een groot aantal van hen schadelijk voor de planten is. In vegetatieve toestand worden zij meestal reeds bij een temperatuur van  $50-60^\circ\text{C}$  gedood, ofschoon hun overwinteringsvormen, o.a. sclerotiën, wel een temperatuur van  $100^\circ\text{C}$  gedurende enige tijd kunnen doorstaan. Worden de schimmels niet gedood, dan kunnen zij zich vooral in zure gronden weer zeer snel vermeerderen (WAKSMAN & STARKEY 1923<sup>2</sup>).

De partiële sterilisatie is voor een bestrijding van de schimmels in de grond ook hierom van betekenis, omdat de bestrijding door wijziging van de temperatuur tijdens de plantengroei minder gemakkelijk kan plaats vinden, daar de temperatuur-optima voor de groei van de parasiterende schimmel en van de betreffende plant meestal samen vallen.

Zoals uit het onderzoek van JONES, JOHNSON & DICKSON (1926) blijkt, is het optimum voor de groei van vele schimmels zelfs over het algemeen nog wat hoger gelegen.

De gunstige resultaten, welke men soms krijgt met de verhoging van de bodemtemperatuur bij de bestrijding van bepaalde parasitaire schimmels, is dan ook meestal toe te schrijven aan de invloed, welke daarbij uitgeoefend wordt op het vochtgehalte van de grond.

HORSFALL (1935) verkreeg reeds bevredigende resultaten met de bestrijding van verschillende schimmels door de grond te verwarmen tot een temperatuur van slechts  $45$  à  $50^\circ\text{C}$ .

Meestal wordt bij de grondontsmetting de grond echter tot ca  $100^\circ\text{C}$  gedurende ongeveer  $\frac{1}{2}$  uur verwarmd, in welk geval de verwarming gunstige resultaten geeft bij de bestrijding van *Verticillium*, die de verwelkingsziekte bij tomaten veroorzaakt; van *Fusarium* van de komkommers; van *Thielavia*, die de kiemplanten van *Primula's* aantast en van *Sclerotium tuliparum*, *Pythium sp.*, *Phytophthora sp.* e.a. schimmels,

waarbij de aantasting van de planten in de eerste plaats van uit de bodem plaats vindt.

Op het Laboratorium voor Microbiologie werd in 1926-28 door een van ons (M.), het aantal micro-organismen bepaald, dat in negen verschillende gronden, afkomstig uit kassen in het Westland vóór en na een behandeling met stoom volgens de „kammethode” voorkwam. Sommige van deze gronden waren zeer sterk ontsmet, terwijl dit bij andere in mindere mate was gebeurd, hetzij, omdat de stoom gedurende korter tijd werd toegevoerd of omdat het ontsmetten onder slechter omstandigheden plaats vond. Van enige dezer laatstgenoemde gronden is in tabel I (p. 6) een overzicht van de temperatuur tijdens de ontsmetting gegeven.

Zoals uit het bovenstaande reeds volgt, was er geen uniform resultaat te verwachten ten aanzien van de vernietiging der micro-organismen. De protozoën maakten hierop een uitzondering daar zij uitsluitend in de onbehandelde gronden aangetroffen werden.

Van de bacteriën verdwenen alleen de Azotobacters vrijwel uit alle gronden; hun aantal was in de minder sterk ontsmette gronden ook veel kleiner geworden. Hetzelfde geldt, ofschoon in iets geringere mate, ook voor de nitrificerende bacteriën.

De ureumsplitters, de coli-bacteriën en denitrificerende bacteriën werden bij een slechte uitvoering van de behandeling ongeveer gedeceimeerd, terwijl ze bij een sterke ontsmetting geheel of vrijwel geheel verdwenen. Van de eiwit- en zetmeelsplitsende bacteriën was het aantal, behalve na een zeer sterke ontsmetting vrijwel gelijk gebleven.

Op moutagarplaten ontwikkelden zich in één geval per gram onbehandelde grond 40 duizend à 200 duizend koloniën van bacteriën. Dit aantal was na de ontsmetting soms tot enkele gereduceerd, terwijl het aantal in andere gevallen vrijwel gelijk gebleven was. Op vleesagar vormden zich tot 50 miljoen koloniën per gram grond. Hiervan bleven er na ontsmetting soms slechts enige over, terwijl hun aantal in andere gevallen hoogstens gedeceimeerd was.

Koloniën van schimmels werden er op moutagar 5 duizend à 80 duizend geteld per gram onbehandelde grond. Na de ontsmetting bleven er soms slechts 100, in andere gevallen ongeveer de helft over. Op vleesagar was hun aantal ongeveer 10 keer zo groot en werden ze ook in dezelfde mate gereduceerd als uit de resultaten, welke met moutagar verkregen werden, blijkt. Uit het bovenstaande is wel te concluderen, dat al naar de behandeling, het aantal micro-organismen in min of meerdere mate gereduceerd werd, doch dat de grond in geen der onderzochte gevallen na de ontsmetting geheel steriel was.

In 1935 werd eveneens op het Laboratorium voor Microbiologie door G. T. GROOTERS een vijftal grondmonsters, welke afkomstig waren van eenzelfde komposthoop (met veel klei) op het aantal erin voorkomende

micro-organismen onderzocht. Twee van deze monsters werden op 27 Januari en 3 April genomen van de onbehandelde grond. De drie andere monsters werden vlak na een behandeling in de electrische ontsmetter op 7 Maart, 19 Maart en 3 April genomen, om na te gaan in hoeverre het aantal micro-organismen daardoor gereduceerd was. Het verloop van de stroomsterkte tijdens de ontsmetting is in fig. 13 weergegeven. Aan de hand van het electriciteitsverbruik zijn, voorzover er geen voldoende waarnemingen van de stroomsterkte zelf ter beschikking stonden, deze grafieken nog gecompleteerd. Voorts zijn nog verschillende bijzonderheden betreffende de behandeling in tabel XIX, XX en op p. 68 vermeld.

Uit deze gegevens blijkt, dat op 7 en 19 Maart de temperatuur van de grond ongeveer gedurende 1 uur  $100^{\circ}\text{C}$  is geweest, en op 3 April gedurende 2 à  $2\frac{1}{2}$  uur eveneens  $100^{\circ}\text{C}$ .

Van de micro-organismen waren, evenals bij de gronden, welke met stoom behandeld waren (zie boven), de protozoën (op plaatcultuur) geheel verdwenen. Vóór de ontsmetting was hun aantal ongeveer 10 duizend per gram grond. Van de bacteriën bleven er na de behandeling enkele van de nitrificerende bacteriën over en op 3 April geen enkele van de Azotobacters. Ook het aantal coli-bacteriën werd zeer sterk gereduceerd. In de onbehandelde grond waren er op 27 Jan. enige tienduizenden en op 3 April enige honderdduizenden aanwezig. Na de ontsmetting bleven er slechts enige tientallen over.

In mindere mate werden aangetast: de denitrificerende bacteriën, de ureum- de zetmeel- en de eiwitsplitsende bacteriën. Hun aantal was op 3 April in de onbehandelde grond respectievelijk enige duizenden, enige honderdduizenden, en voor de laatste 2 groepen enige millioenen; na het ontsmetten bleven er van de eerste 2 groepen enige tientallen en van de laatste twee groepen enige tienduizenden over per gram grond.

Het totale aantal bacteriën, dat in de onbehandelde grond ongeveer 14 à 15 millioen bedroeg, werd door de electrische sterilisatie op 19 Maart tot ca tienduizend en op 3 April tot ca duizend teruggebracht. Er bleven vrijwel uitsluitend sporenvormende bacteriën over, terwijl na de kortere ontsmetting op 7 Maart ook nog niet-sporenvormende bacteriën werden aangetroffen.

In de ongestertiliseerde grond werden enige honderdduizenden schimmels geteld en wel voornamelijk *Penicillium sp.*, *Mucor sp.* en *Aspergillus sp.* Hiervan bleven er na de ontsmetting op 7 Maart nog geen duizend (voornamelijk *Penicillium sp.*), op 19 Maart enkele en op 3 April geen enkele over. Van de actinomyceten werden er in de onbehandelde grond, op 27 Jan. ca 1,5 mil. en op 3 April ca vierhonderdduizend gevonden, doch in de ontsmette gronden geen enkele.

Ook uit de bovenstaande gegevens blijkt, dat zelfs na een verwarming van de grond tot  $100^{\circ}\text{C}$  gedurende  $2\frac{1}{2}$  uur nog een aantal bac-



teriën overblijft. Wel neemt het aantal bij een langere ontsmetting nog vrij sterk af, wat blijkt, indien men de gegevens van de sterilisatie op 3 April met die van 19 Maart en 7 Maart vergelijkt. De schimmels werden alleen bij een langere duur van de ontsmetting geheel vernietigd. De protozoën en actinomyceten verdwenen in alle 3 gevallen.

Vergelijken we deze resultaten met die, welke verkregen werden bij het onderzoek van de gronden, welke met stoom behandeld werden, dan blijkt wel, dat bij deze elektrische ontsmetting een veel groter percentage der micro-organismen vernietigd is.

#### IV. INVLOED VAN DE ONTSMETTING OP DE PLANTENGROEI

Bij het nagaan van de uitwerking van een bepaalde ontsmetting van de grond op de ontwikkeling van de planten, moet men in verband met de oorzaken van de veranderingen onderscheid maken tussen: 1°. de verbetering van de groei, welke is verkregen doordat bepaalde plantenparasieten, schimmels, enz. gedood zijn; 2°. de betere ontwikkeling, welke ontstaan kan door een gewijzigde verhouding tussen de groepen der micro- en andere organismen in de grond, waarbij b.v. meer zouten ter beschikking van de planten kunnen komen; 3°. de groeiveranderingen, welke het gevolg zijn van de gewijzigde fysische en chemische toestand van de grond. Een scherp onderscheid is meestal hierbij niet te maken.

Indien ontsmet wordt tegen de zgn. „moeheid” van de grond, waarbij niet direct een bepaalde parasiet als de oorzaak van de slechte groei der planten is aan te wijzen, dan zijn over het algemeen de resultaten van een ontsmetting niet zo groot, hoewel RUSSELL in dergelijke gevallen als gevolg van het stomen zeer gunstige resultaten waarnam.

BEWLEY (1926) verkreeg bij het stomen van grond in tomatenkassen, welke later weer met tomaten beplant werden, in één bepaald geval een meeropbrengst van 80%. In andere gevallen van 35% en minder. Het bleek een groot verschil op te leveren of er oorspronkelijk een voedzame of een arme grond was geweest, vooral in verband met het gehalte aan stikstofmeststoffen. Zo werd door hem b.v. na de ontsmetting van een rijke grond en toevoeging van een kalimeststof een oogstvermeerdering van 35% verkregen; werd bovendien nog stalmest toegevoegd, dan was de meeropbrengst slechts ruim 20% boven de opbrengst van de onbehandelde grond, welke 8,5 kg per per m<sup>2</sup> bedroeg. In een geval van een arme grond waren de meeropbrengsten respectievelijk 27% en 54% en de opbrengst van de onbehandelde grond 7,3 kg per m<sup>2</sup>.

De grote hoeveelheid stikstof, welke in verhouding tot de kali en het fosforzuur na de verhitting van een rijke grond vrij komt, maakt een

bemesting met stikstof meestal overbodig; deze kan, zoals in bovengenoemd geval, zelfs nadelig werken.

Door ons werd in dit verband ook een proef genomen met het steriliseren van kasgrond, waarin aardbeien zich door een aantasting door wortelparasieten minder goed ontwikkelden en daarnaast van grond waarop nog geen aardbeien geteeld waren. Van de ontsmette kasgrond was de opbrengst per plant (gemiddelde van 4 bedjes ieder van 18 planten)  $75,4 \pm 8,4$  g en van de onbehandelde kasgrond  $70,1 \pm 7,2$  g. De opbrengst van de nog niet beteelde, doch ontsmette grond, was  $66,1 \pm 8,6$  g en van de onbehandelde grond  $63,0 \pm 4,2$  g. Het kleine verschil in opbrengst bij de kasgrond is wellicht hieraan toe te schrijven, dat bij deze proef de planten eerst buiten opgekweekt en daarna in een kas geforceerd werden.

Na het oppotten van komkommers in wel- en niet gesteriliseerde (gezonde) grond, werd slechts een gering verschil in ontwikkeling waargenomen, al waren de planten, welke in de potten met gesteriliseerde grond stonden, wel wat donkerder groen van kleur. Dit hangt echter geheel af van de grond, welke men gebruikt. Zo verkregen b.v. VAN DER KROFT & VAN GROEN (1933) na de elektrische sterilisatie van een grond, zonder bepaalde plantenparasieten, bij de teelt van komkommers een veel sterkere ontwikkeling.

Veel grotere oogstverschillen worden echter verkregen, indien gronden worden ontsmet, waarin bepaalde parasitaire organismen voorkomen. In dergelijke gevallen wordt door het ontsmetten van de grond de oogst vaak meer malen vergroot, doordat anders de planten zich zeer slecht ontwikkelen (BEINHART 1918). Wij geven er daarom ook de voorkeur aan, de opbrengstcijfers niet in procenten uit te drukken, daar dan de resultaten overdreven worden voorgesteld.

Bij hun proeven met grond, waarin schadelijke organismen voorkwamen, kregen VAN DER KROFT & VAN GROEN (1933) zeer goede resultaten met de elektrische ontsmetting van grond, waarin tomaten werden gezaaid. Terwijl in de elektrisch behandelde grond geen enkele zieke plant optrad, viel er in de onbehandelde zaaikist een belangrijk percentage planten uit.

Soortgelijke verschillen werden verkregen bij het zaaien van komkommers, cactussen, primula's en enkele andere gewassen. Vooral bij de *Primula obconica* vertoonden de planten in de behandelde grond een grotere groeiacht. Hetzelfde werd later ook waargenomen bij het stekken van chrysanten. De weelderige ontwikkeling, die ontstond, was ten dele ook toe te schrijven aan de grotere hoeveelheid gemakkelijk opneembare stikstof, welke zich ontwikkelde.

Wij zaaiden op 12 Augustus 1935 nog 100 komkommerzaden (var. Groene broei) in een zaaipan met onbehandelde - en in één met ontsmette kasgrond. Beide zaaipannen werden in een thermostaat bij  $30^{\circ}\text{C}$

gezet. Na 4 dagen waren er in de onbehandelde grond 62 plantjes en in de ontsmette grond 99 plantjes opgekomen (zie fig. 4 onder).

Door Van SLOGTEREN (1926) werden proeven genomen met het uitplanten van de Darwintulp „Bartigon” op grond, welke gedeeltelijk met stoom behandeld was tegen *Sclerotium tuliparum*, waarbij de gewichtstoename van de bollen op de onbehandelde grond 166% was en die op de grond, welke gedurende 1 uur, 1½ uur en 2 uur met stoom ontsmet was, respectievelijk 202%, 202% en 209%.

Zeer bevredigende resultaten werden door HORSFALL (1935) verkregen met de bestrijding van „t smeulen” (damping off) veroorzaakt door *Pythium ultimum*, in geringere mate van *Rhizoctonia Solani* en *Botrytis sp.* door de grond electrisch te verhitten tot 45 à 50°C gedurende meerdere uren. Tevens werden hierbij de meeste zaden zoowel van onkruiden als andere planten (met uitzondering o.a. van klaver en postelein), nematoden en insecten vernietigd. Zoals reeds op pag. 9 is beschreven, werd de grond hierbij door electrische elementen verwarmd, zodat men hier niet met een specifieke nevenwerking van de electrische stroom te maken heeft.

HORSFALL nam proeven met spinazie en verkreeg hiermede de volgende resultaten. Van 1150 zaden, gezaaid in gepasteuriseerde grond kwamen 1051 of 91,4% op, en van 1150 in onbehandelde grond 236 (20,5%). Later smeulden hiervan respectievelijk nog 2,5% en 49,1% weg. Bij een tweede proef kwamen van 1150 zaden, welke in gepasteuriseerde grond gezaaid waren 79,6% op en in de onbehandelde grond 37,2%. Hiervan smeulden er dan respectievelijk nog 0,4% en 66,7% weg.

Ofschoon HORSFALL hier wel zeer gunstige resultaten verkreeg met een behandeling van de grond tot 45 à 50°C, zal dit lang niet altijd het geval zijn. Zoals uit zijn opgaven trouwens blijkt, valt er nog een gedeelte van de planten weg, en het is wel zeker, dat met de bestrijding van andere parasitaire schimmels en bacteriën bij deze temperaturen zeker niet zulke goede resultaten zullen worden verkregen.

Over het algemeen is het aan te raden om aan de zekere kant te blijven, daar vooral bij zaaipannen de geringe toename in kosten van de stroomtoediening zeker beloond wordt.

Voor een dergelijke verwarming is de electriciteit de geschiktste warmtebron, omdat zij met behulp van temperatuurschakelaars op een zo eenvoudige wijze naar de temperatuur in de grond kan worden geregeld. Met welke temperatuur en welke duur van de behandeling in bepaalde gevallen zal kunnen worden volstaan, zal de ervaring nog moeten leren. Momenteel is de methode, waarbij de grond tot 100°C wordt verhit door zijn algemene toepasbaarheid de geschiktste en zeker in het algemeen voor de ontsmetting van grond voor zaaipannen e.d. aan te raden.

## V. BESCHRIJVING VAN DE ELECTRISCHE GRONDONTSMETTER

Zoals reeds op p. 10 werd opgemerkt, is het ontsmetten van kleine hoeveelheden grond met behulp van de elektrische grondontsmetter, (electrodenontsmetter) geconstrueerd door J. VAN GROEN en W. G. VAN DER KROFT, een van de meest praktische methoden. Deze grondontsmetter (fig. 2) bestaat uit een stevige houten kist (*a*), omgeven door een kist van plaatijzer (*b*).

De ontsmetter, welke wij gebruikten, heeft een lengte van 44,7 cm terwijl de breedte en de hoogte der binnenwanden respectievelijk 34,7 en 25,6 cm is. De wanddikte van de houten kist is 2 cm en die van de ijzeren kist 2 mm; de afstand tussen de wanden van de houten en de ijzeren kist bedraagt 1,5 cm. De ruimte tussen de wanden vormt dus een warmte-isolerende laag. Beide kisten zijn voorzien van losse opklapbare deksels (*c* en *d*).

De dwarse wanden zijn aan de binnenzijde met een zinken plaat (*e*) bekleed. Deze zinken platen vormen de elektroden, waartussen zich de grond bevindt. De elektrische stroom kiest zich dus een weg door de grond en verwarmt deze. De elektroden zijn door tussenkomst van een handschakelaar (*f*), eventueel via een Ampèremeter, direct met de geleiders van het elektriciteitsnet verbonden. De verbindingdraden lopen van de schakelaar door de ruimte tussen de beide kisten naar de zinken elektroden, waartegen de einden zijn gesoldeerd. De handschakelaar (*f*) bevindt zich boven aan de linker dwarswand van de ijzeren kist, terwijl zij tevens voorzien is van een inrichting (*g*), waardoor automatische uitschakeling plaats vindt, zodra het deksel van de ijzeren kist geopend wordt. Hierdoor is het onmogelijk, om met de elektrische stroom in de kist in aanraking te komen.

Veiligheidshalve is verder het gehele toestel geaard met behulp van een speciale aardedraad in het aansluitsnoer (*h*), zowel als met een afzonderlijke aardgeleider (*i*), zodat men te allen tijde, ook voor het geval dat men de aansluiting moet doen geschieden op een contactdoos zonder aardingscontact, van een goede aarding verzekerd kan zijn.

Het toestel kan op het gewone laagspanningsnet 127/220 V of 220/380 V worden aangesloten. De toepassing van wisselstroom biedt het voordeel, dat er slechts geringe electrolyse van in de grond aanwezige stoffen aan de elektroden kan optreden. Deze electrolyse wordt echter niet geheel uitgeschakeld. Volgens Deighton (1922) zouden zelfs bij het gebruik van wisselstroom met zeer hoge frequentie nog dubbelzouten gevormd worden.

Men zou nog kunnen vermoeden, dat er tengevolge van de aanwezigheid van de ijzeren bak, die de stroomvoerende grondmassa in haar geheel omvat, enige inductieve weerstand voor de stroom en een hier-

mede gepaard gaande faseverschuiving tussen stroom en spanning zou ontstaan. Een vergelijking van de aanwijzingen van de, bij de door ons gebruikte ontsmetter aangebrachte, stroom-, spanning- en kWh-meter toonde echter aan, dat de invloed van het ijzer van de bak practisch nihil was, zodat de stroomsterkte uitsluitend door de weerstand van de grond bepaald werd.

## VI. VERLOOP VAN HET ONTSMETTINGSPROCES

Wil men een bepaalde hoeveelheid grond ontsmetten (partiël steriliseren) dan stort men deze in de kist en strijkt de oppervlakte goed gelijk. Hoe homogener de grond in de kist is, des te gelijkmatiger kan de elektrische stroom zich in de grondmassa verdelen, hetgeen aan een vlot verloop van het proces ten goede komt. Vervolgens worden de beide deksels van het toestel achtereenvolgens gesloten en wordt met behulp van de schakelaar de stroom ingeschakeld. Beschikt men over een Ampèremeter, dan moet men nagaan, welke beginstroom door de grondmassa gaat. Is er geen Ampèremeter aanwezig, dan kan men uit de duur van één ankeromwenteling van de electriciteitsmeter en de steeds bekende spanning, bij benadering de stroomsterkte op de volgende wijze berekenen.

Nemen we b.v. aan, dat het anker van de kWh-meter 10 omwentelingen in 72 sec. maakt, d.i.  $\frac{3600}{7,2} = 500$  omwentelingen per uur en het anker bij de gebruikte electriciteitsmeter 750 omwentelingen moet maken voor 1 kWh, dan is het vermogen, dat door de ontsmetter wordt opgenomen  $\frac{500}{750} = 0,667$  kW of 667 Watt. De aangelegde spanning is b.v. 220 Volt, (de normaal optredende fluctuaties mogen wij hier verwaarlozen) dan is de stroomsterkte  $\frac{667}{220} = 3,0$  Ampère.

Daar de snelheid, waarmede het gehele proces verloopt, in sterke mate afhangt van de grootte van de beginstroom, is het, voor het geval deze een zeer kleine waarde heeft (b.v. van minder dan 1 Ampère of, indien men snel wil ontsmetten, van minder dan ca 3 Ampère) gewenst deze te verhogen. Dit kan geschieden, door het watergehalte te verhogen, het electrolytgehalte te verhogen en (of) de grondmassa samen te drukken.

Is men erin geslaagd voor een toestel van de hier beschreven afmetingen de geschikte waarde voor de beginstroom te verkrijgen, dan kan men, bij de ontsmetting van klei of van een humusrijke grond, het toestel verder aan zichzelf overlaten. De grondmassa gaat dan in temperatuur stijgen, waarbij haar weerstand een soortgelijk karakter vertoont, als dat van een chemische oplossing, d.w.z. dat bij stijgende

temperatuur de weerstand afneemt. Het gedrag is dus juist tegenovergesteld aan dat van de gewone electriciteitsgeleiders, waarbij de weerstand toeneemt bij stijgende temperatuur.

De stijging van de temperatuur kan in normale omstandigheden zolang blijven voortduren, totdat het kookpunt van het in de grond aanwezige water bereikt is, gedurende welk tijdsverloop ook de stroom vrij regelmatig toeneemt.

Zodra het kookpunt van het water bereikt is, treedt een nieuwe fase in het proces op. Van nu af blijft de temperatuur constant op  $100^{\circ}\text{C}$ , terwijl de stroomsterkte zijn maximum-waarde heeft. De totale weerstand  $R = \frac{E}{I}$  van de grond heeft dan z'n minimum waarde, daar deze bij gelijke spanning ( $E$ ) omgekeerd evenredig is aan de stroomsterkte ( $I$ ).

Hoe groot de maximum-stroomsterkte wordt, moet men afwachten; zij is hoofdzakelijk van dezelfde factoren afhankelijk als de waarde van de beginstroom.

Daar er een evenredig verband bestaat tussen de temperatuur en de stroomsterkte, is uit de waarde ( $I_t$ ) van de beginstroom en de bijbehorende temperatuur, de maximum stroomsterkte ( $I_{100}$ ) met de formule  $I_{100} = \frac{I_t}{1 + \beta(t-100)}$  te berekenen. Op de afleiding van deze formule komen we op p. 58 b.v. nog nader terug.

Tijdens het koken verdampt het water uit de grondmassa, waardoor deze begint in te drogen en langzamerhand gaat samentrekken. Hierdoor wordt het elektrische contact tussen de grondmassa en de elektroden minder, tengevolge waarvan er op de overgangsplaatsen van de stroom een weerstandstoename ontstaat. Deze weerstandstoename zal een daling van de stroom veroorzaken, waarbij tevens op die plaatsen, waar de weerstand het grootst is, de meeste warmte ontwikkeld wordt. Het wordt nu mogelijk, dat in het midden van de bak de kooktoestand langzamerhand ophoudt, terwijl deze kooktoestand aan de elektroden nog kan blijven voortduren door de daar ter plaatse optredende grotere weerstand en warmte-ontwikkeling. Men kan dit ook als volgt inzien.

Men denkt zich de bak verdeeld in één middendeel ter lengte  $a$  en 2 delen, ieder ter lengte van  $\frac{1}{2}b$ . De totale weerstand  $R = R_a + R_b$  (fig. 5). Bij het ontsmetten zal  $R_a$  niet of maar zeer weinig toenemen,  $R_b$  wordt echter door het loslaten van de

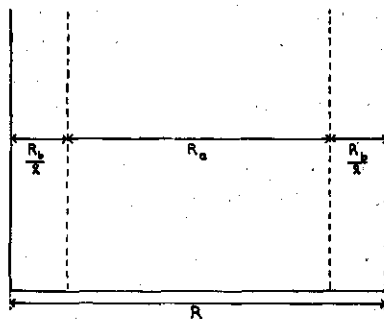


Fig. 5

electroden beduidend groter; nl.  $x$  maal zo groot ( $x > 1$ ).

Wij hebben dus:

$$R = R_a + R_b$$

$$R_1 = R_a + xR_b$$

Nu is:

$$R_1 > R \text{ dus } I_1 < I$$

Hieruit volgt:  $I_1^2 R_a < I^2 R_a$ ; m.a.w. de in het middeldeel ontwikkelde warmte wordt kleiner en wel in de verhouding  $\left(\frac{I_1}{I}\right)^2$ .

Voorts heeft men:  $I^2 R_b$  wordt  $I_1^2 R_b$ ; m.a.w. de bij de electroden ontwikkelde warmte wordt, ten gevolge van de verminderde stroomsterkte, *kleiner* in de verhouding  $\left(\frac{I_1}{I}\right)^2$  maar door de plaatselijk toegenomen weerstand *groter* in de verhouding  $\frac{x}{1}$ .

Derhalve neemt de warmteontwikkeling tijdens de afschakelperiode van het ontsmettingsproces bij de electroden steeds in verhouding minder af, waaruit te verklaren is, dat bij de electroden nog koken wordt waargenomen, terwijl dit in het middendeel reeds niet meer het geval is.

Daar de stoom, welke zich aan de electroden ontwikkelt, minder gemakkelijk, nl. slechts naar één zijde kan ontwijken, in vergelijking met de stoom, die in een doorsnede in het midden van de grondmassa ontstaat, wordt nu de indrogende grondmassa enigszins van de electroden verwijderd. Deze verwijdering geschiedt dan enerzijds door het krimpen van de grond van de electroden af, anderzijds door het afduwen van de electroden door de dan nog alleen daar ter plaatse zich ontwikkelende stoom.

De verwijdering brengt echter tevens in haar ontstaan een geleidelijker, somtijds met enkele slingeringen gepaard gaande uitschakeling van de stroom teweeg, waardoor het sterilisatieproces uit zichzelf (althans bij klei en humusrijke gronden) voor een automatische uitschakeling zorg draagt.

Deze uitschakeling is niet volkomen, daar de verwijdering van de grond van de electroden, tengevolge van het uitdrogen, bovenin groter is dan onderin. Op de bodem blijft blijkbaar enig contact tussen grondmassa en electrode bestaan, waardoor een stroom van één tot meer tienden van Ampères gehandhaafd blijft.

In overeenstemming met het bovenstaande kunnen we bij het gehele verloop van de elektrische ontsmetting de volgende fasen (zie ook p. 65) onderscheiden:

- 1°. Het brengen van de stroomsterkte op een geschikte aanvangswaarde.
- 2°. Het verwarmen van de grond tot het water erin begint te koken (de periode van verwarming).

- 3°. Het verdampen van het water uit de grond zolang de stroomsterkte vrij constant blijft (de kookperiode).
- 4°. Het min of meer snel afnemen van de stroomsterkte (de periode van uitschakeling). In dit tijdsverloop verdampst wel is waar ook nog water, doch is ze tengevolge van de gewijzigde toestand wel als aparte periode te onderscheiden.
- 5°. Het afnemen van de temperatuur (de periode van afkoeling).

In de volgende hoofdstukken zullen deze fasen achtereenvolgens behandeld worden aan de hand van de resultaten, welke bij onze proeven werden verkregen.

## VII. MOGELIJKHEDEN OM INVLOED OP DE STROOMSTERKTE UIT TE OEFENEN

Zoals reeds werd vermeld, heeft men, indien bij het ontsmetten van een bepaalde hoeveelheid grond de beginstroom te klein is, de volgende middelen om deze te vergroten:

- 1°. De verhoging van het watergehalte van de grond.
- 2°. De verhoging van het electrolytgehalte.
- 3°. De samendrukking van de grondmassa.

Wil de verhoging van het watergehalte echter succes hebben, dan moet de te steriliseren grond een zekere hoeveelheid zouten, zuren of basen bevatten, en omgekeerd zal de verhoging van het electrolytgehalte alleen dan de geleidbaarheid van de grond merkbaar vergroten, als deze reeds een zekere hoeveelheid water bevat.

We zullen nu eerst ieder van de genoemde middelen om de beginstroom te verhogen afzonderlijk bezien.

### DE VERHOOGING VAN HET WATERGEHALTE.

De betere geleiding, welke men verkrijgt door het watergehalte van de grond te verhogen, is in de eerste plaats toe te schrijven aan de opvulling van de zich tussen de gronddeeltjes bevindende ruimte met water inplaats van lucht, waardoor een vergroting van het aanrakingsoppervlak dezer deeltjes plaats vindt, en de electronen zich gemakkelijker een weg door de grondmassa kunnen banen. Hierbij komt dan nog de omstandigheid in aanmerking, dat bij een toenemend watergehalte in bepaalde gevallen meer stoffen in oplossing gaan en daarbij ioniseren. Bovendien neemt bij een verdunning van de oplossing de electrolytische dissociatie toe, waardoor de weerstand eveneens afneemt. Bij de lage concentraties, waarmede we hier te maken hebben, is deze afname echter klein.

De betekenis van het watergehalte voor de geleidbaarheid van de



grond werd voor het eerst in 1887 door Whitney in Amerika naar voren gebracht. Deze wilde uit de weerstand van de grond het watergehalte ervan bepalen.

Aan de metingen ter plaatse, zoals hij die wilde toepassen, zijn echter verschillende bezwaren verbonden, en wel behalve de verschillen in temperatuur, de vastheid van de grond, de variatie in de grond zelf, het contact tussen de grond en de elektroden en de afstand tussen de elektroden.

Door DEIGHTON (1922) en HAINES (1925) werd getracht om verschillende van deze bezwaren te ondervangen. DEIGHTON ging vooral de invloed van de afstand van de elektroden op de stroomdoorgang na, waarbij hij als de geschiktste afstand 30–45 cm vond. Zowel bij een kleinere als bij een grotere afstand tussen de elektroden nam de weerstand toe. Het onderzoek van DIX en RAUTENBERG (1933) bevestigt dit niet. Als verklaring van de weerstandstoename bij de kleinere afstand geeft DEIGHTON op, dat de stroom dan alleen door de minder water bevattende, bovenste laag van de grond gaat. De weerstandsvergroting bij een grotere afstand dan 30–45 cm wordt z.i. veroorzaakt, doordat er een veelvuldiger optredende onderbreking van de stroom plaats vindt door toevallig voorkomende luchtlagen.

HAINES (1925) tracht de nauwkeurigheid van de metingen te vergroten door voor het gelijkmatige contact met de grond kwik voor de elektroden te gebruiken. Dit kwik werd dan in holten gebracht, welke op een bepaalde afstand van elkaar in een blok van de te onderzoeken grond waren gedrukt.

De wijze, waarop door ons de geleidbaarheid van de grond bepaald wordt, biedt als voordeel ten opzichte van de methoden, welke door DEIGHTON en HAINES gebezigd werden, dat de stroom zich gelijkmatiger over de gehele grond zal verdelen, terwijl er zeer weinig electriciteit verloren gaat. DEIGHTON komt nl. op theoretische gronden tot de conclusie, dat 35,7% van de stroom bij zijn wijze van proefneming, niet de kortste weg tussen de elektroden volgt. Hij nam zijn proeven met een langwerpige kistje, dat 500 g grond bevatte, en waarin aan de uiteinden 2 smalle elektroden van kool gestoken waren.

Toch gaat ook in ons geval niet alle stroom door de grond, doch een klein gedeelte ook door de vochtige houten wand van de kist. Deze stroom bleek bij een temperatuur van 15–20°C niet meer dan 0,1 Amp. te zijn (de gevonden waarden lagen tussen 0,04 en 0,1 A in).

HAINES (1925) vestigt bij zijn beschouwingen vooral de aandacht op het verband tussen het geleidingsvermogen en het vochtgehalte van de grond.

Hij vindt hiertussen bij een gegloeide grond ongeveer een rechtlijnig verband, waarin evenwel een knik voorkomt bij ca 8% vocht, terwijl het geleidingsvermogen tot nul nadert bij een vochtgehalte van 3,5%.

De afname van het geleidingsvermogen tot 8% vocht verklaart hij

door het dunner worden van de continue waterlaag, welke over het gehele inwendige oppervlak van de grond verspreid is (funiculair water). Als de verdamping nog verder voortgaat, wordt de continuïteit van deze laag verbroken en blijft het resterende water als ringen om de aanrakingspunten van de gronddeeltjes over (pendulair water).

Wat de gewone gronden betreft merkt hij op, dat hier de toestand ingewikkelder is door de kolloidale bestanddelen, waardoor men meer vloeiende kurven krijgt, welke min of meer concaaf naar de vochtas gekeerd zijn, en een tendens voor „voet”vorming vertonen.

HAINES zoekt overeenstemming met het onderzoek van KEEN, die voor een ideale grond, d.w.z. met gelijke ronde deeltjes, berekent, dat bij de wijdste ligging der deeltjes de waterlaag bij 7% vochtgehalte verbroken wordt en bij de nauwste ligging bij 3,55%.

Deze percentages komen vrij goed overeen met de 2 knikken, welke HAINES zelf vindt, nl. bij 8% en 3,5% vocht.

Onze proeven werden genomen met rivierzand en een humusrijke kleigrond; eenvoudigheidshalve zullen we hier eerst het verloop bij het zand nagaan.

Allereerst werd op 10 September 1934 de invloed van het watergehalte op de stroomsterkte bij een hoeveelheid gewassen rivierzand on-

TABEL II. DE STROOMSTERKTE IN RIVIERZAND MET AMMONSALPETER BIJ VERSCHILLENDE VOCHTGEHALTE  
le bevochtiging (13-9-'34; zie fig. 6 —) <sup>1)</sup>

wateraanvulling in cm <sup>3</sup>	vochtgehalte in %, <sup>2)</sup>	spanning in Volts	stroomsterkte in Ampères <sup>3)</sup>
(750) <sup>2)</sup>	2,5	227	0,1
300	3,5	227	0,2
800	5,1	227	0,3
1300	6,8	224	0,5
1800	8,4	224	0,75
2300	10,0	224	1,1
2800	11,7	227	1,51
3300	13,3	227	1,82
3800	15,0	227	2,20
4300	16,6	225	2,45
4800	18,3	227	2,67
5300	19,9	227	2,98

<sup>1)</sup> Het gewicht van de gevulde kist was vóór de wateraanvulling 75,9 kg. Het gewicht van de lege kist was op 10 September '34 43,8 kg. Bij de berekening is aangenomen, dat hij nu 44,8 kg woog, daar uit andere waarnemingen bleek, dat het gewicht van een vochtige kist 45,3 kg en zwaarder kan zijn. Het gewicht van het zand was dan 31,1 kg. Het drooggewicht 30,35 kg, bepaald aan ca 400 g.

<sup>2)</sup> Geeft de hoeveelheid water aan, welke bij het begin van de aanvulling in het zand aanwezig was.

<sup>3)</sup> Het vochtgehalte is in procenten van het drooggewicht opgegeven.

<sup>4)</sup> De temperatuur van de grond was ca 26° C.

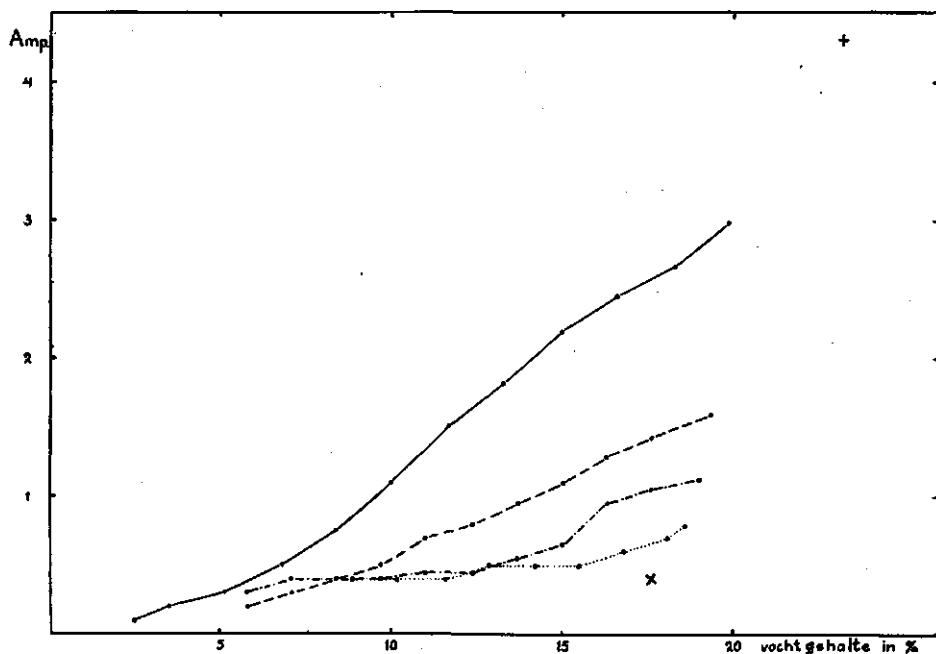


Fig. 6. Invloed van het vochtgehalte op de stroomsterkte door rivierzand (met Ammonsalpeter) dat herhaalde malen tot  $100^{\circ}\text{C}$  verwarmd werd. + stroomsterkte op 10-9-'34; — verloop van de 1e bevochtiging op 13-9-'34 (zie tabel II); ---- verloop van de 2e bevochtiging op 28-9-'34 (zie tabel III); ..... verloop van de 3e bevochtiging op 1-10-'34 (zie tabel IV); .... verloop van de 4e bevochtiging op 11-10-'34. x stroomsterkte na de bevochtiging op 16-10-'34.

Influence of the moisture content on the strength of current through river-sand (with nitrate of ammonia) which was heated several times till  $100^{\circ}\text{C}$ . + strength of current on 10-9-'34; — progress of the 1st moistening on 13-9-'34 (see tabel II); ---- progress of the 2nd moistening on 28-9-'34 (see tabel III); ..... progress of the 3rd moistening on 1-10-'34 (see tabel IV); .... progress of the 4th moistening on 11-10-'34 (see tabel V). x strength of current after moistening on 16-10-'34.

derzocht. Er werd in gedeelten water toegevoegd, doch de stroomsterkte werd, zoals ook te verwachten was, in het geheel niet groter en de Ampèremeter bleef op ca 0,1 A staan, waaruit wel bleek hoe weinig electrolyten dit zand en het gebezigde slootwater bevatten (later werd meestal van leidingwater gebruik gemaakt, dat ook zeer weinig electrolyten bevatte). In gedeelten werd nu aan het natte zand 70 g Ammonsalpeter toegevoegd, waarbij de stroom tot 4,3 A (zie tabel IX) steeg (temperatuur  $23,5^{\circ}\text{C}$ ). De grond werd hierna gesteriliseerd.

Op 13 September werd het verdampte water (5,3 kg) in 11 fracties geleidelijk aangevuld.

De verkregen gegevens zijn in tabel II opgenomen, en in fig. 6 (—) grafisch verwerkt.

Na de wateraanvulling werd het zand, evenals op 10 September, gesteriliseerd.

Op 28 September werd het verdampte water (4,2 kg) opnieuw aan de grond toegevoegd (Tabel III).

**TABEL III. DE STROOMSTERKTE IN RIVIERZAND MET AMMON-SALPETER BIJ VERSCHILLENDE VOCHTGEHALTE**  
2e bevochtiging (28-9-'34; zie fig. 6 ----)

Wateraanvulling in cm <sup>3</sup>	Vochtgehalte in %	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères <sup>1)</sup>
(1750) <sup>1)</sup>	5,8	228	0,2
400	7,1	228	0,3
800	8,4	228	0,4
1200	9,7	228	0,5
1600	11,0	228	0,7
2000	12,4	228	0,8
2400	13,7	228	0,95
2800	15,0	228	1,1
3200	16,3	228	1,28
3600	17,6	228	1,43
4000	19,3	228	1,59

<sup>1)</sup> Het gewicht van de gevulde kist was 77,1 kg. Als gewicht van de kist werd 45,0 kg aangenomen, zie verder onder tabel II.

<sup>2)</sup> De temperatuur van de grond was ca 21°C.

De grond werd hierna opnieuw ontsmet.

Dit werd nog eens herhaald op 1 October en 11 October. Toen respectievelijk 4,0 kg en 2,95 kg water werd aangevuld.

**TABEL IV. DE STROOMSTERKTE IN RIVIERZAND MET AMMON-SALPETER BIJ VERSCHILLENDE VOCHTGEHALTE**  
3e bevochtiging (1-10-'34; zie fig. 6 -----)

Wateraanvulling in cm <sup>3</sup>	Vochtgehalte in %	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères
(1750)	5,8	228	0,3
400	7,1	228	0,4
800	8,4	228	0,4
1200	9,7	228	0,4
1600	11,0	228	0,45
2000	12,4	228	0,45
2400	13,7	228	0,55
2800	15,0	228	0,65
3200	16,3	228	0,95
3600	17,6	228	1,05
4000	19,0	228	1,12

<sup>1)</sup> Het gewicht van de gevulde kist was 77,2 kg. Als gewicht van de lege kist werd 45,1 kg aangenomen.

TABEL V. DE STROOMSTERKTE IN RIVIERZAND MET AMMONSALPETER BIJ VERSCHILLENDE VOCHTGEHALTE  
4e bevochtiging (11-10-'34; zie fig. 6 ....)

Wateraanvulling in cm <sup>3</sup>	Vochtgehalte in %	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères
(2700) <sup>1)</sup>	8,9	224	0,4
400	10,2	226	0,4
800	11,6	226	0,4
1200	12,9	228	0,5
1600	14,2	225	0,5
2000	15,5	227	0,5
2400	16,8	227	0,6
2800	18,1	227	0,7
2950	18,6	227	0,8

<sup>1)</sup> Het gewicht van de gevulde kist was 78,25 kg. Als gewicht van de lege kist werd 45,2 kg aangenomen.

Op 16 October werd van de 2,9 kg water, welke bij de sterilisatie van 11 October verdampen nog 2700 cm<sup>3</sup> toegevoegd en de stroomsterkte bepaald (het gewicht van de kist was van 81,2 kg tot 78,3 kg verminderd terwijl als gewicht van de lege kist nu 45,3 kg werd aangenomen). Deze stroomsterkte was bij 225 Volt 0,4 A (fig. 6 x), terwijl het vochtgehalte 17,6 % bedroeg. Hierna werd aan het zand weer ammonsalpeter toegevoegd (zie tabel X p. 46).

Vergelijken we het verloop van de stroomsterkte bij de verschillende aanvullingen met elkaar, dan blijkt uit fig. 6 duidelijk, dat het geleidingsvermogen na elke sterilisatie sterk verminderde. Hierop komen we later nog terug.

Gaan we dan het verloop bij iedere aanvulling afzonderlijk na, en nemen we daarbij in aanmerking, dat de gebruikte Ampèremeter onder 0,5 A practisch niet meer nauwkeurig in tienden Ampères is af te lezen, dan zijn het vooral de 2 eerste waarnemingsreeksen, welke hier van de meeste betekenis zijn. Hierbij is vrij duidelijk *een recht evenredig verband tussen de stroomsterkte en het vochtgehalte van de grond* waar te nemen. Bij de eerste reeks is nog een neiging tot voetvorming te zien, met een knik bij ongeveer 5% vochtgehalte. Voorts is duidelijk te zien, dat de beginwaarde telkens is opgelopen, hetgeen voor de 2 laatste reeksen vermoedelijk niet alleen uit het hogere watergehalte bij het begin te verklaren is, doch waarbij hier voor de zwerfstroom bij de toevoerleiding en de stroom door de wand van de houten kist zeker nog 0,2 A moet worden afgetrokken.

Op 25 Augustus '35 werd de proef met aanvulling van water bij rivierzand opnieuw herhaald en wel met zand, waaraan op 14 Aug. eerst 35 g Ammonsalpeter was toegevoegd en dat daarna gesteriliseerd

was. De betreffende gegevens zijn in tabel VI verwerkt (zie fig. 7 links).

Evenals bij de waarnemingen van 13 September 1934 is ook hier een rechtevenredig verband te zien tussen de stroomsterkte en het vochtgehalte van het zand en wel tot ca 22% vocht.

Teneinde een inzicht te krijgen betreffende de waarschijnlijkheid van de recht evenredige verhouding tussen de stroomsterkten (I) en de bijbehorende vochtgehalten (w), vereffenden we deze verhoudingen. Hierbij pasten we de geometrische methode toe (v. UVEN 1935, pag. 62 e.v.), waardoor voorkomen werd, dat de relatief grote fouten, welke in de kleinere waarden van de stroomsterkten en vochtgehalten voorkwamen, een onevenredig grote invloed hadden op het totale resultaat. We vinden dan voor de verhouding  $m = 0,044 \pm 0,0005$ , waaruit blijkt dat de afwijkingen klein waren.

Het verband tussen de elektrische weerstand en het vochtgehalte van de grond is dan als volgt te bepalen.

De stroomsterkte  $I = mw(1)$ . Daar bij gelijke spanning (E) de stroomsterkte (I) omgekeerd evenredig is met de totale weerstand van de grond (R) is  $I = \frac{E}{R}$  (2). Uit (1) volgt dan, dat  $mw = \frac{E}{R}$  (3). Voor een

ander vochtgehalte is  $mw_1 = \frac{E}{R_1}$  (4). Uit 3 en 4 volgt, dat  $\frac{w}{w_1} = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{R_1}}$

of  $\frac{w}{w_1} = \frac{R_1}{R}$ , zodat dus  $wR = w_1R_1$  of  $w_1 = \frac{wR}{R_1}$  is.

De weerstand van de grond is dus omgekeerd evenredig met het vochtgehalte.

Verder blijkt uit fig. 7, dat er bij ca 20% (als het water op het zand komt te staan) een knik voorkomt, en dat boven dit vochtpercentage de stroomsterkte slechts weinig toeneemt. Deze toename is vermoedelijk nog toe te schrijven aan de toenemende dissociatiegraad bij grotere verdunning, en aan de waarnemingsfouten (vooral in de hoogte van de stand van het water) waarop reeds gewezen werd.

*Als praktisch resultaat van de bovenbeschreven proeven is op te merken; dat bij rivierzand een wateraanvulling tussen 5% en 20% vochtgehalte een rechtevenredige toename van de stroomsterkte tot gevolg heeft, waarbij de stroomsterkte bij 20% ongeveer 5 tot 10 maal zo groot is als bij een watergehalte van 5%.*

Bij kleigrond is het verloop enigszins anders dan bij zand, zoals blijkt uit de twee proeven, welke met deze grondsoort verricht werden. Hierbij werd gebruik gemaakt van een zavelgrond uit een kas, en één uit een bak, waarvan de laatstgenoemde de minste humus bevatte.

TABEL VI. DE STROOMSTERKTE IN RIVIERZAND MET AMMON-  
SALPETER BIJ EEN VERSCHILLENDE VOCHTGEHALTE  
(25-8-'35; zie fig. 7 links).

Vochtgehalte in %	Spanning in Volts	Stroom- sterkte in Ampères <sup>1)</sup>	Berekende stroomst. in Amp. <sup>2)</sup>	Stroom- sterkte gecorr. <sup>3)</sup>	Temp. in °C	Hoogte van de grond in cm <sup>4)</sup>
1,0 <sup>1)</sup>	232	0,09	0,07	0,07	20,9	11,1
2,0	232	0,12	0,11	0,11	21,9	11,1
3,0	228	0,15	0,13	0,12	22,6	11,1
3,9	225	0,15	0,15	0,14	22,7	11,1
4,9	219	0,15	0,21	0,20	22,9	11,1
5,9	219	0,19	0,23	0,22	22,9	11,1
6,9	219	0,22	0,26	0,25	23,0	11,3
7,9	220	0,25	0,34	0,32	23,3	11,3
8,9	219	0,32	0,38	0,35	23,6	11,4
9,9	218	0,32	0,43	0,38	23,7	11,4
10,8	221	0,45	0,49	0,46	23,7	11,4
11,8	221	0,52	0,54	0,50	24,0	11,4
12,8	224	0,55	0,59	0,55	24,0	11,4
13,8	226	0,62	0,68	0,63	24,2	11,4
14,8	227	0,72	0,69	0,63	25,0	11,4
15,8	219	0,85	0,74	0,68	25,5	11,4
16,8	222	0,92	0,79	0,72	25,6	11,4
17,7	222	0,95	0,85	0,78	25,6	11,1
18,7	223	0,99	0,92	0,84	25,3	11,1
19,7	226	1,02	0,96	0,88	25,6	11,0
20,6	223	1,05	1,03	0,95	25,9	11,0
21,5	224	1,10	1,03	0,95	26,2	11,0
22,4	222	1,11	1,03	0,95	26,4	11,0
23,3	222	1,12	1,07	0,97	26,8	11,1
24,2	226	1,14	1,09	1,01	26,7	11,2
25,1	225	1,18	1,13	1,05	26,8	11,3
26,0	226	1,19	1,13	1,05	26,9	11,3
26,9	226	1,20	1,14	1,06	26,9	11,5
27,9	226	1,29	1,14	1,06	27,0	11,6
28,8	226	1,26	1,19	1,11	26,9	11,8
29,7	227	1,30	1,20	1,14	27,1	12,0
30,6	229	1,37	1,24	1,16	27,3	12,1

<sup>1)</sup> Het gewicht van het zand was 25,65 kg. Het drooggewicht 25,4 kg. Het gewicht van de lege kist was 45,4 kg. Na de toevoeging van het water werd het zand uit de kist gehaald en was het gewicht van de kist 45,65 kg geworden. Voor deze gewichtstoename is in de tabel een correctie aangebracht.

De aanvulling geschiedde in gedeelten van 250 cm<sup>3</sup> en werd voortgezet, totdat 1 cm water op het zand stond. Bij elke watertoevoeging werd telkens het zand weer goed met het water gemengd.

<sup>2)</sup> Er werd 0,1 A voor de zwerfstroom en 0,08 A voor de stroom door het hout van de kist afgetrokken.

<sup>3)</sup> De stroomsterkte werd berekend uit de duur van een ankeromwenteling van de kWh-meter en de stand van de Voltmeter. Deze wijze van meten heeft in ons geval als bezwaar, dat de ontsmetter enige tijd ingeschakeld blijft,

waardoor de temperatuur van de grond hoger wordt, zodat hier een correctie voor de temperatuur moest worden aangebracht.

4) De stroomsterkte werd hierbij gecorrigeerd op 20°C met behulp van een temperatuurcorrectie, welke gebaseerd is op nog nader te beschrijven gegevens.

Als verhoudingsgetal werd  $\frac{I_{20}}{I_{100}} = 0,41$  en van  $\frac{I_{27}}{I_{100}} = 0,46$  aangenomen (zie p. 58 e.v.).

5) Het volume tussen 1% en 22% vocht werd op ongeveer 17 dm<sup>3</sup> gehouden. De hoogte waartoe dit zand de kist vulde, varieert wel enigszins, zoals uit de tabel blijkt, doch dit is voornamelijk aan de onnauwkeurigheid van de waarneming toe te schrijven. Dit werd wel iets beter toen er water op het oppervlak kwam te staan, doch ook toen was het nog niet goed mogelijk de hoogte nauwkeurig te bepalen, tengevolge van het schuim, dat tijdens het mengen ontstond en dat zich vnl. langs de elektroden ophoopte. Toch meenden wij boven een watergehalte van 21% met deze variatie rekening te moeten houden bij de correctie van de stroomsterkte. De gegevens werden omgerekend voor een kist, welke tot 11,0 cm hoogte gevuld was.

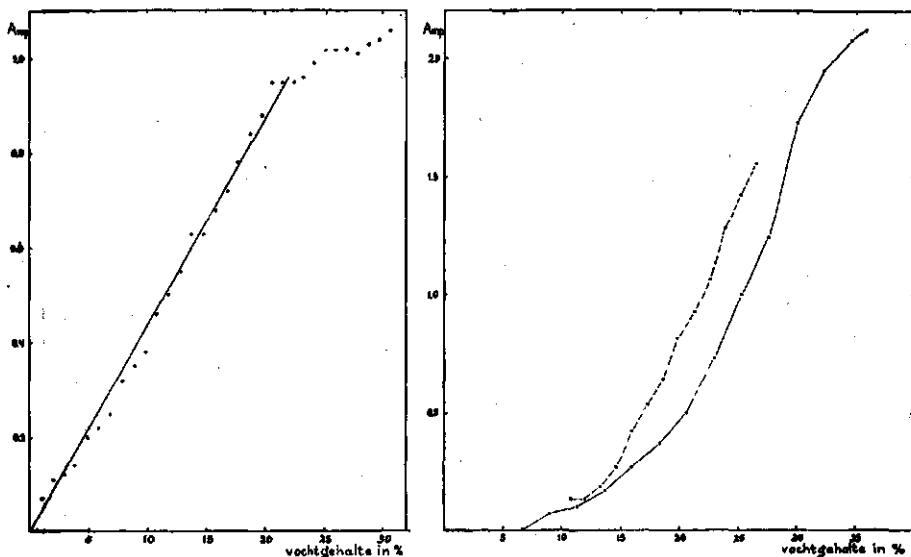


Fig. 7.

*Links*: Invloed van het vochtgehalte op de stroomsterkte door rivierzand (zie tabel VI).

*At left*: Influence of the moisture content on the strength of current through riversand (see tabel VI).

*Rechts*: Invloed van het vochtgehalte op de stroomsterkte door kleigrond (— zie tabel VII, ---- zie tabel VIII).

*At right*: Influence of the moisture content on the strength of current through clay-soil (— see tabel VII, ---- see tabel VIII).



Bij de proef op 9 Augustus 1935 met de kasgrond werd in 13 keren aan de grond 6 liter water toegevoegd; nadat telkens het water goed met de klei vermengd was, werd de spanning en de stroomsterkte bepaald. Deze zijn in tabel VII opgenomen.

TABEL VII. DE STROOMSTERKTE IN EEN KAS (ZAVEL)GROND BIJ EEN VERSCHILLEND VOCHTGEHALTE (9-8-'35; zie fig. 7 —)

Vochtgehalte in %	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères	Temperatuur in °C	Hoogte van de grond in cm
6,7 <sup>1)</sup>	230	0,0	24,9	13,7
9,0	—	0,07		
11,3	—	0,1		
13,7	—	0,17		
16,0	—	0,27		
18,3	223	0,37		
20,6	221	0,5		
23,0	222	0,73		
25,3	219	1,0		
27,6	218	1,24		
30,0	219	1,73		
32,3	218	1,95		
34,6	217	2,08		
35,8	219	2,12	23,2	

<sup>1)</sup> Het gewicht van de gevulde kist was 65,1 kg van de lege kist 43,1 kg. Het gewicht van de grond was dus 22,0 kg en nam een volume van 20,8 dm<sup>3</sup> in. Het drooggewicht van de grond was 20,6 kg.

Uit tabel VII blijkt, dat het geleidingsvermogen bij een vochtgehalte van 6,7% practisch nihil was, en dat het vanaf ca 9% geleidelijk en in steeds sterkere mate toeneemt tot een vochtgehalte van ca 30%, om daarna weer geleidelijk minder toe te nemen. Het vertoont ongeveer hetzelfde beeld dat ook HAINES (1925) voor klei vond.

Bij de grond uit de bakken, waarmede een proef op 30-8-'35 werd genomen, was het verloop minder karakteristiek. Deze grond werd eerst gezeefd en daarna in de ontsmetter gebracht en sterk aangedrukt. Hierna werd aan de grond in 12 fracties nog 3000 cm<sup>3</sup> water toegevoegd. Na iedere toevoeging werd de stroomsterkte bepaald, welke in tabel VIII is opgenomen.

Om een gemakkelijke (ofschoon niet geheel zuivere) vergelijking met de gegevens van de proef met kleigrond op 9 Augustus 1935 mogelijk te maken, werd de stroomsterkte van 30 Augustus nog vermenigvuldigd met de verhouding van de drooggewichten van de beide gronden  $\left(\frac{20,62}{18,97} = 1,087\right)$  en in fig. 7 (-----) opgenomen. Vergelijken we deze uitkomsten, dan valt op, dat bij de bakgrond het verloop van de stroom-

TABEL VIII. DE STROOMSTERKTE IN EEN BAK (ZAVEL)GROND BIJ EEN VERSCHILLEND VOCHTGEHALTE (30-8-'34; fig. 7 ---).

Vochtgehalte in %	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Amp. <sup>1)</sup>	Berekende stroomst. in Amp. <sup>2) 3)</sup>	Temperatuur in °C	Hoogte van de grond in cm
10,8 <sup>1)</sup>	222	0,12	0,14		12,1
12,0	222	0,12	0,16	18,2	12,1
13,3	226	0,17	0,25		12,2
14,7	225	0,25	0,35	18,7	12,3
16,0	226	0,39	0,48		12,3
17,3	226	0,49	0,51	18,8	12,4
18,6	224	0,59	0,62		12,5
19,9	225	0,75	0,73	19,1	12,1
21,3	225	0,85	0,82		12,2
22,6	225	0,98	0,92	19,3	12,1
23,9	225	1,18	1,11		11,9
25,2	226	1,31	1,25	19,2	11,8
26,5	226	1,43	1,32		11,7

<sup>1)</sup> Het gewicht van de gevulde kist was 66,4 kg, van de lege kist 45,4 kg (na het steriliseren 45,65 kg). Het gewicht van de grond was 21,0 kg (drooggewicht 18,97 kg en nam een volume van 14,6 dm<sup>3</sup> in.

<sup>2)</sup> Verminderd met 0,08 A voor de stroom door het hout van de kist.

<sup>3)</sup> Deze stroomsterkte is berekend uit de omwentelingsnelheid van het anker van de kWh-meter en de aanwijzing van de Voltmeter, waarbij 0,1 A voor de zwervstroom is afgetrokken.

sterkte meer rechtlijnig en ook iets groter was dan bij de kasgrond. Dit kan veroorzaakt zijn door het sterke samendrukken van de bakgrond.

*De verhouding tussen de stroomsterkte bij een vochtgehalte van 5% en 25% is voor de bakgrond ongeveer 1 : 4 d.i. ongeveer dezelfde waarde als voor de kasgrond. Hieruit blijkt wel, dat ook bij kleigronden, door toevoeging van water, het geleidingsvermogen aanmerkelijk vergroot kan worden.*

#### DE VERHOOGING VAN HET ELECTROLYTGEHALTE.

De betekenis van het electrolytgehalte van de grond, welke bepaald wordt door de daarin aanwezige zuren, basen en opgeloste zouten, is zonder meer duidelijk.

De toename van de geleidbaarheid van de grond, indien deze meer electrolyten bevat is vermoedelijk de reden geweest, waarom SEN en WRIGHT (1931) naar het verband tussen de vruchtbaarheid van de grond en haar electrolytgehalte een onderzoek instelden. Zij gingen meer in het bijzonder na, of de toename van het geleidingsvermogen van een waterige oplossing van een grond, welke gedurende 7 dagen bij 25°C werd gehouden, een maatstaf voor de opbrengst van die grond was. Voor hun proeven gebruikten zij de van verschillende jaren bewaarde gronden van de zgn. klassieke velden te Rothampsted, en vonden daarbij een sterke positieve correlatie (+ 0,859) tussen het verloop

van bovengenoemde waarde en het verloop van de opbrengst van de verschillende jaren; doch geen verband (+ 0,061) tussen de beide serie's, indien de tijdfactor geëlimineerd werd. Er werd dus geen direct verband tussen het geleidingsvermogen en de opbrengst van hetzelfde jaar gevonden, wat zij dan toeschrijven aan de afhankelijkheid van de opbrengst van de klimatologische gesteldheid van dat jaar. Wel blijkt de 7-daagse toename van het geleidingsvermogen een vrij goede aanwijzing te geven omtrent de veranderingen, welke in de vruchtbaarheid van de grond zelf plaats vinden.

Keren we thans weer tot onze beperktere opgave terug, waarbij wij ons voorstelden meer inzicht te verkrijgen omtrent de invloed, welke de vergroting van het electrolytgehalte uitoefent op de geleidbaarheid van de grond.

Wij namen in dit verband enige proeven met de toevoeging van Ammonsalpeter en Kaliumsulfaat, terwijl hiernaast ook nog de invloed van een toevoeging van kalk werd nagegaan.

Bij deze proeven werd er rekening mede gehouden, dat een toevoeging van 20 g per 20 liter grond ongeveer overeenkomt met een bemesting van 7 kg per Are, waaruit blijkt, dat men hiermede wel aan bepaalde grenzen gebonden is. Daar de cultuurgronden zelf reeds een zeker electrolytgehalte hebben, zijn deze grenzen voor een sterilisatie in de praktijk wijd genoeg, te meer omdat men zo nodig verschillende kunstmeststoffen naast elkaar kan gebruiken om het electrolytgehalte te verhogen.

Om de bijkomende invloeden zoveel mogelijk uit te schakelen, werden de proeven voornamelijk genomen met gewassen rivierzand met een vrij groot watergehalte, waaraan dan de kunstmest in een waterige oplossing werd toegevoegd.

Zoals reeds op p. 36 vermeld werd, was het geleidingsvermogen van dit natte zand praktisch nul, en in geen geval was de stroomsterkte bij een hoogte van het zand van 15 cm in de kist (met een grondvlak van  $44,7 \times 34,7$  cm), bij een spanning van 220 Volt, groter dan 0,1 A.

Hieruit volgt, dat de soortelijke weerstand van dit zand, uitgedrukt voor een volumedeel ter lengte van 1 cm, met een doorsnede van 1 cm<sup>2</sup>

en berekenbaar uit de formule:  $\frac{e}{i} \cdot \frac{q}{l}$  (waarin  $e$  = de spanning in Volts;  $i$  = de totale stroomsterkte in Amp.;  $q$  = doorsnede van de kist in cm<sup>2</sup> ⊥ de stroomrichting;  $l$  = lengte in cm) dus minstens  $\frac{220}{0,1} \cdot \frac{34,7 \cdot 15}{44,7} = 2,56 \cdot 10^4$  Ohm cm<sup>2</sup>/cm moet geweest zijn. Het soortelijk geleidingsvermogen was dus zeker kleiner dan  $0,39 \cdot 10^{-4}$  Ohm<sup>-1</sup> cm/cm<sup>2</sup>.

Op 10 September 1934 werd de invloed van een toevoeging van Ammonsalpeter aan een hoeveelheid rivierzand (drooggewicht 30,35 kg) nagegaan.

Hiertoe werd aan het zand 7 maal 10 g dus in totaal 70 g Ammonsal-

TABEL IX. DE INVLOED VAN AMMONSALPETER OP DE STROOMSTERKTE IN RIVIERZAND (10-9-'34).

Vochtgehalte in %	Toegevoegde hoeveelh. Ammonsalpeter in g.	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères	Temperatuur in °C
19,0 <sup>1)</sup>	0	225	0,1	20,9
19,6	10	225	0,4	
20,2	20	225	1,25	
20,8	30	225	1,90	
21,4	40	225	2,45	22,5
22,0	50	225	3,13	
22,6	60	225	3,71	
23,2	70	225	4,3	23,5

<sup>1)</sup> Het gewicht van de gevulde kist was 80,0 kg. Het gewicht van de lege kist 43,8 kg. Het gewicht van het zand was 36,2 kg en nam een volume van ca 23 dm<sup>3</sup> in. Het drooggewicht van het zand was 30,35 kg.

peter toegevoegd met 1200 cm<sup>3</sup> water. De stroomsterkte werd dan telkens bepaald en is in tabel IX opgenomen.

Uit deze gegevens blijkt, dat er een vrijwel recht evenredig verband bestaat tussen de stroomsterkte en de toegevoegde hoeveelheid kunstmest. Alleen de eerste toevoeging veroorzaakte een kleinere verhoging van de stroomsterkte, dan uit hoofde van de verdere waarden te verwachten was. De oorzaak hiervan is niet te zoeken in het lagere vochtgehalte, dat tijdens de proef van 19,0% tot 23,2% steeg, of aan de temperatuur, welke van 20,0 °C op 23,5 °C kwam, doch vermoedelijk hierin, dat een gedeelte van de Ammonsalpeter door het zand gebonden werd.

De stroomsterkte nam door de toevoeging van 70 g Ammonsalpeter van 0,1 tot 4,3 A toe (de invloed van de verhoging van de temperatuur en het vochtgehalte zijn hierbij buiten beschouwing gelaten).

Nu werd het zand gesteriliseerd, waarna later de verdampde hoeveelheid water opnieuw werd aangevuld. Hierna werd opnieuw ontsmet, welke bewerking op dezelfde wijze nog 4 maal herhaald werd. De betreffende gegevens zijn in de tabellen II-V en in fig. 6 opgenomen en wat de invloed van het watergehalte betreft, op p. 39 e.v. besproken.

Uit deze gegevens bleek duidelijk, dat de stroomsterkte na elke sterilisatie tot op nog geen 2/3 van de vorige waarde daalde. Dit kan alleen worden toegeschreven aan een vermindering van het gehalte aan electrolyten; het zand bevatte dus na de 5e sterilisatie, slechts weinig electrolyten meer.

Op 16 October werd aan het nu reeds 5 maal gesteriliseerde zand opnieuw 70 g Ammonsalpeter in 7 keren toegevoegd (zie tabel X).

Zoals uit tabel X blijkt, is het vochtgehalte van 17½% tot 25% gestegen (de temperatuur was ca 10°C). De stroomsterkte steeg hierbij

TABEL X. DE INVLOED VAN AMMONSALPETER OP DE STROOMSTERKTE IN RIVIERZAND (16-10-'34).

Vochtgehalte in %	Toegevoegde hoeveel. Ammonsalpeter in g	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères
17,6 <sup>1)</sup>	0	225	0,4
18,6	10	225	0,6
19,7	20	225	0,95
20,8	30	228	1,20
21,9	40	228	1,49
23,0	50	228	1,65
24,1	60	225	1,93
25,2	70	224	2,18

<sup>1)</sup> Het gewicht van de gevulde kist was 81,0 kg (zie p. 38).

Na de toevoeging van de kunstmest met het water was het gewicht 83,3 kg.

echter van 0,4 A tot slechts 2,18 A.

Deze geringe toename is slechts ten dele aan de invloed van de temperatuur toe te schrijven, die lager was dan bij de vorige watertoevoeging op 10 September (zie tabel IX). Vermoedelijk is de oorzaak hier een minder goede vermenging van de kunstmest en de grond. Andere oorzaken zijn niet waarschijnlijk, daar bij het steriliseren de maximum stroomsterkte (d.i. bij de vergelijkbare temperatuur van 100°C) deze keer een waarde van 12,6 A bereikt werd, terwijl deze bij de 1e toevoeging op 10 September 11,5 A bedroeg. Het verschil tussen beide stroomwaarden is door de overgebleven electrolyten van de 1e keer en door het hogere vochtgehalte bij de laatste proef, te verklaren. Dat de oorzaak van de lage stroomsterkte gezocht moet worden in het begin na de toevoeging, blijkt o.a. nog hieruit, dat de stroomsterkte bij 24°C reeds 5,0 A bedroeg, hetgeen een vrij normale waarde is, indien 12,6 A bij 100°C, bereikt wordt. Gaan we nl. van de maximum stroomsterkte van 12,6 A uit, dan is met het verhoudingsgetal voor 24°C (zie pag. 58 e.v.) de te verwachten stroomsterkte te berekenen, welke hier 5,4 A zou wezen, dus slechts een geringe afwijking vertoont van de gevonden stroomsterkte (5,0 A).

De proef werd op 14 Augustus 1935 met vers rivierzand herhaald, dat de kist tot een hoogte van 11 cm vulde. Hieraan werd nu 35 g Ammonsalpeter in 7 maal 5 g, telkens met 50 cm<sup>3</sup> water, toegevoegd en goed met de grond vermengd. De gemeten stroomsterkte en verdere bijbehorende gegevens zijn in tabel XI en in fig. 8 links opgenomen.

Wij zien, evenals bij de proef op 10 September '34 (zie p. 45), bij de toevoeging van de eerste 5-10 g Ammonsalpeter een kleinere toename van de stroomsterkte, dan bij de verdere toevoegingen, terwijl de stijging van de stroomsterkte weer recht evenredig is met de toege-

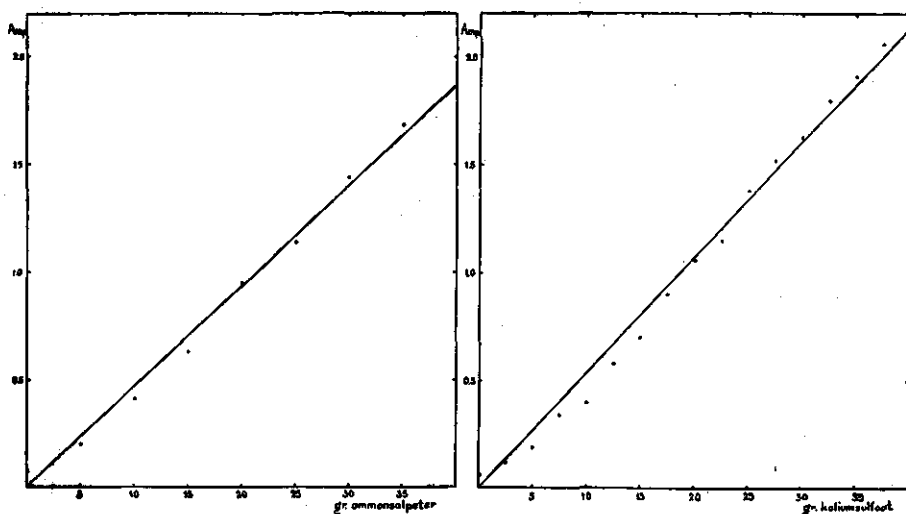
**TABEL XI. DE INVLOED VAN AMMONSALPETER OP DE STROOMSTERKTE IN RIVIERZAND (14-8-'35; zie fig. 8 links).**

Vochtgehalte in %	Toegevoegde hoeveelh. Ammonsalpeter in g	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères <sup>1)</sup>	Berekende stroomsterkte in Ampères <sup>2) 3)</sup>
22,0 <sup>1)</sup>	0	220	0,03	0,07
22,2	5	223	0,13	0,20
22,4	10	222	0,33	0,41
22,6	15	219	0,53	0,63
22,8	20	219	0,98	0,95
23,0	25	221	1,26	1,14
23,2	30	220	1,57	1,44
23,4	35	220	1,85	1,69

<sup>1)</sup> Het gewicht van de lege kist was 44,7 kg, van de gevulde kist 74,7 kg. Er werd eerst 1 liter water toegevoegd en daarna met de Ammonsalpeter nog 350 cm<sup>3</sup> water. Het gewicht van het zand was vóór de toevoeging van de kunstmest 31,0 kg het drooggewicht 25,4 kg. De temperatuur ca 17°C.

<sup>2)</sup> Voor de stroom door het hout werd 0,07 A afgetrokken.

<sup>3)</sup> Deze stroomsterkte werd berekend (zie tabel VIII noot 3).



**Fig. 8.**

**Links:** Invloed van Ammonsalpeter op de stroomsterkte door rivierzand (zie tabel XI).

**At left:** Influence of nitrate of ammonia on the strength of current through riversand (see tabel XI).

**Rechts:** Invloed van Kaliumsulfaat op de stroomsterkte door rivierzand (zie tabel XII).

**At right:** Influence of sulfate of potash on the strength of current through riversand (see tabel XII).

voegde hoeveelheid kunstmest ( $m = 0,047 + 0,0009$ ).

Ook het zand van de proef van 14 Augustus '35 werd na de toevoeging van de Ammonsalpeter gesteriliseerd, waarna op 25 Augustus weer water werd toegevoegd (zie tabel VI en fig. 7 links).

Ook hier werd fractioneel, evenals bij de beschreven proeven van 10 September '34 e.v. bij eenzelfde vochtgehalte van de grond nog niet  $\frac{2}{3}$  van het bedrag der stroomsterkte bereikt dat vóór de sterilisatie bepaald was. Bij een vochtgehalte van  $23\frac{1}{2}\%$  was de verhouding tussen de stroomsterkte op 14 Augustus tot die op 25 Augustus '35 als  $1,69 : 0,97$ .

In het algemeen blijkt dus uit de bovenstaande gegevens, dat in de beschreven kist de stroomsterkte met ongeveer 0,6 A verhoogd wordt, wanneer aan ca 30 kg zand met een vochtgehalte van ca 20 % bij een temperatuur van ca  $20^\circ\text{C}$  10 g Ammonsalpeter wordt toegevoegd.

Op 21 September '35 werd nog een proef genomen met de toevoeging van zuivere  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , waarvan 16 maal 2,5 g (= 40 g) telkens in  $25\text{ cm}^3$  water met het rivierzand vermengd werd. De betreffende gegevens zijn in tabel XII opgenomen en in fig. 8 rechts verwerkt.

TABEL XII. DE INVLOED VAN KALIUMSULFAAT OP DE STROOMSTERKTE IN RIVIERZAND (21-9-'35; zie fig. 8 rechts).

Toegevoegde $\text{K}_2\text{SO}_4$ in g	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères <sup>1)</sup>	Berekende stroomsterkte in Ampères <sup>2)</sup>	Temperatuur in $^\circ\text{C}$
0 <sup>1)</sup>	227	0,06	0,06	15,6
2,5	227	0,11	0,12	16,0
5,0	227	0,16	0,19	16,2
7,5	228	0,23	0,34	16,8
10,0	227	0,38	0,40	17,1
12,5	227	0,55	0,58	17,4
15,0	226	0,75	0,70	17,8
17,5	228	0,95	0,90	18,1
20,0	231	1,12	1,06	18,8
22,5	231	1,24	1,15	19,0
25,0	231	1,46	1,38	19,3
27,5	232	1,61	1,52	20,0
30,0	233	1,82	1,63	20,1
32,5	233	1,90	1,79	20,5
35,0	235	2,06	1,91	20,9
37,5	235	2,15	2,06	21,3
40,0	232	2,21	2,10	22,0

<sup>1)</sup> Het gewicht van de lege kist was 46,03 kg van de grond 40,6 kg. Een monster van 410,1 g woog na het drogen 356,6 g (vochtgehalte dus 15,01%). Het drooggewicht van de grond was dus 35,25 kg. De grond in de kist werd met een mal telkens tot een hoogte van 15,4 cm aangedrukt.

<sup>2)</sup> Er werd voor de stroom door het hout 0,14 A afgetrokken (deze werd vooraf bepaald).

<sup>3)</sup> Deze stroomwaarden zijn berekend (zie tabel VIII noot 3).

Ook hier zien we weer een soortgelijk verschijnsel als bij de toevoeging van de Ammonsalpeter, nl. dat bij de toevoeging van de eerste 10 g de stijging van de stroomsterkte kleiner is, dan bij de verdere toevoegingen van deze hoeveelheid.

De grotere verdunning van de oplossing kan hiervan de oorzaak niet wezen, daar de weerstand bij electrolyten bij een grotere verdunning juist relatief afneemt. Misschien wordt toch nog een gedeelte van het zout door het zand geabsorbeerd.

Er is overigens weer een vrijwel rechtevenredig verband tussen de stroomsterkte en de toegevoegde hoeveelheid Kaliumsulfaat ( $m = 0,053 \pm 0,0068$ ).

*De toename van de stroomsterkte is hier bij een hoeveelheid grond van 40 kg met een vochtgehalte van 15%, per 10 g Kaliumsulfaat bij een temperatuur van ca 20°C, te stellen op 0,6–0,7 A.*

Hierbij dient nog te worden opgemerkt, dat bij de laatst beschreven proef, de kist iets lekte, waarom slechts de gegevens van het begin van deze proef zijn opgenomen, echter zonder correctie, zodat de werkelijke waarde vermoedelijk iets groter is geweest.

Een andere proef werd nog genomen op 23 November 1934 met turf-molm. Hiervan werd 6,6 kg in de kist gebracht, waarbij deze tot 15 cm hoogte gevuld was; na aansluiting bedroeg de stroomsterkte 0,3 A. De turf-molm werd daarna met water verzadigd, waarvoor 12,4 kg water nodig was, waardoor de stroomsterkte, bij een temperatuur van 8°C, tot 1,19 A steeg. Hierna werd in 3 keren 75 g Ammonsalpeter toegevoegd. Na toediening van de eerste gift van 25 g Ammonsalpeter nam de stroomsterkte tot 1,9 A toe, bij de tweede tot 3,2 A en bij de derde tot 4,32 A d.w.z. dat hier ongeveer dezelfde waarden als bij het zand (zie p. 45) werden bereikt.

Hierna werd de turf-molm gesteriliseerd, waarbij de stroomsterkte steeg tot een maximum waarde van 15,7 A (zie fig. 9 —), terwijl er 7,4 kg water verdampte. Op 26 November werd dit water weer aangevuld, waarna de stroomsterkte bij 10°C 4,7 A was. Opnieuw werd de turf-molm gesteriliseerd, waarbij de stroomsterkte tot een maximum van 17,2 A opliep (fig. 9 ---). Hierna werd de proef met dezelfde turf-molm op 30 November nog eens herhaald. Na de aanvulling van het verdampte water (6,9 kg) was de beginstroom bij 8,1°C 4,1 A. Bij de hierop volgende sterilisatie steeg de stroomsterkte nog tot een maximum van 16,9 A (fig. 9 -.-.-).

Met zekerheid kan hieruit wel besloten worden, dat het electrolyt-gehalte van de turf-molm gelijk is gebleven na de verwarming tot 100°C. Het verschil in gedrag tussen het zand en de turf-molm is wellicht hierdoor te verklaren, dat bij de turf-molm de ammoniak, welke bij de ver-



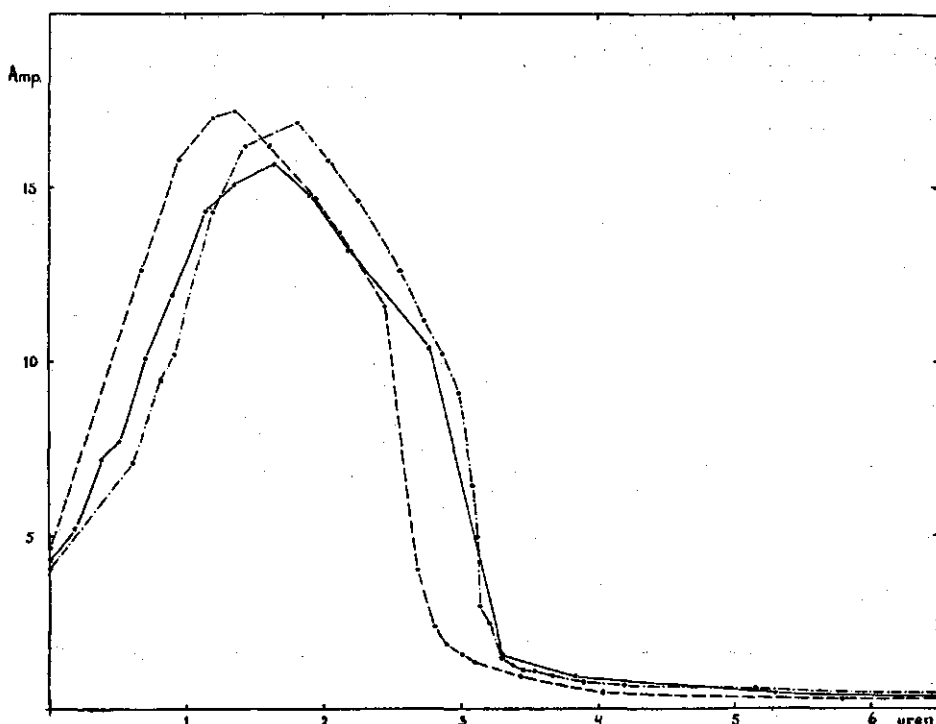


Fig. 9. Het verloop van de stroomsterkte tijdens de behandeling van turf-molm (zie p. 49); — op 23-11-'34; ---- op 26-11-'34; ..... op 30-11-'34.

The curve of the strength of current during the treatment of peat dust (zie p. 49); — on 23-11-'34, ---- on 26-11-'34, ..... on 30-11-'34.

warming vrijkomt, direct geabsorbeerd wordt, terwijl dit bij het zand niet het geval is.

Bij een andere proef werd op 30 Augustus '35 aan 24,0 kg vochtige kleigrond (drooggewicht 18,97 kg), in 5 gedeelten 25 g ongebluste kalk als kalkmelk toegevoegd. De stroomsterkte nam hierbij van 1,40 A tot 1,54 A bij gelijkblijvende temperatuur, toe. Deze geringe toename was wel te verwachten, daar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  weinig gedissocieerd is.

Resumerende komen we tot de conclusie, dat door de toevoeging van Kaliumsulfaat (zwavelzure kali) of Ammonsalpeter een merkbare stijging van de beginstroom bij een sterilisatie kan verkregen worden, indien de vochtigheidstoestand van de te behandelen grond voldoende is.

Men moet hierbij echter wel met de omstandigheid rekening houden, dat de kunstmest na de sterilisatie in de grond aanwezig kan blijven, zodat men in de toepassing van dit middel tot op zekere hoogte beperkt is. Daar echter over het algemeen de gronden met een gering electrolyt-

gehalte tevens minder vruchtbaar zijn, kan aan de gronden met een slecht geleidingsvermogen, zonder schade meestal ook meer kunstmest worden toegevoegd. Geheel juist is dit natuurlijk niet, daar in dit opzicht ook andere chemische bestanddelen van de grond een rol spelen. Voorts zal men er rekening mee moeten houden, dat bij het gebruik van Ammonsalpeter bij humusarme gronden een gedeelte van de toegevoegde voedingsstoffen verloren gaat.

#### HET SAMENDRUKKEN VAN DE GRONDMASSA.

Om de invloed van het samendrukken na te gaan, werd de ontsmetter tot een hoogte van 20 cm gevuld met een normaal vochtige bladgrond, waarvan de temperatuur zo goed mogelijk constant gehouden werd. Bij een spanning van 225 Volt bedroeg de stroomsterkte 0,1 Amp.

Vervolgens werd de grond gelijkmatig samengedrukt in regelmatige étappes van 2 cm hoogtevermindering, terwijl na iedere étappe de stroomsterkte werd opgetekend.

Toen de laag 11 cm was werd verder samendrukken practisch niet meer mogelijk; de stroom bedroeg in deze toestand ongeveer 0,75 A. De gedetailleerde resultaten zijn in tabel XIII opgenomen.

TABEL XIII. DE INVLOED VAN SAMENDRUKKING OP DE STROOMSTERKTE IN VOCHTIGE BLADGROND

Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères	Hoogte van de grond in cm <sup>1)</sup>	Verhouding vulhoogte
225	0,1	20	1,00
225	0,15	18	0,90
225	0,25	16	0,80
225	0,35	14	0,70
225	0,5	12	0,60
225	0,75	11	0,55

<sup>1)</sup> Het volume van de grond was bij de aanvang 31,0 dm<sup>3</sup>, het gewicht 18,76 kg en de temperatuur 21°C.

Zoals uit deze waarnemingen blijkt, vertoont de samenhang tussen de hoogte (volume) vermindering van de grondmassa en de stroomwaarde geen volkomen evenredig verband (zie ook fig. 10 —).

De soortelijke weerstand van de grond neemt af van een waarde  $\frac{225}{0,1} \cdot \frac{34,7 \cdot 20,0}{44,7} = 3,49 \cdot 10^4$  Ohm cm<sup>2</sup>/cm bij de begintoeestand, tot een waarde van  $0,256 \cdot 10^4$  Ohm cm<sup>2</sup>/cm bij het einde der samendrukking. Deze grootheid is dus tot op ca 1/14 van haar oorspronkelijke waarde

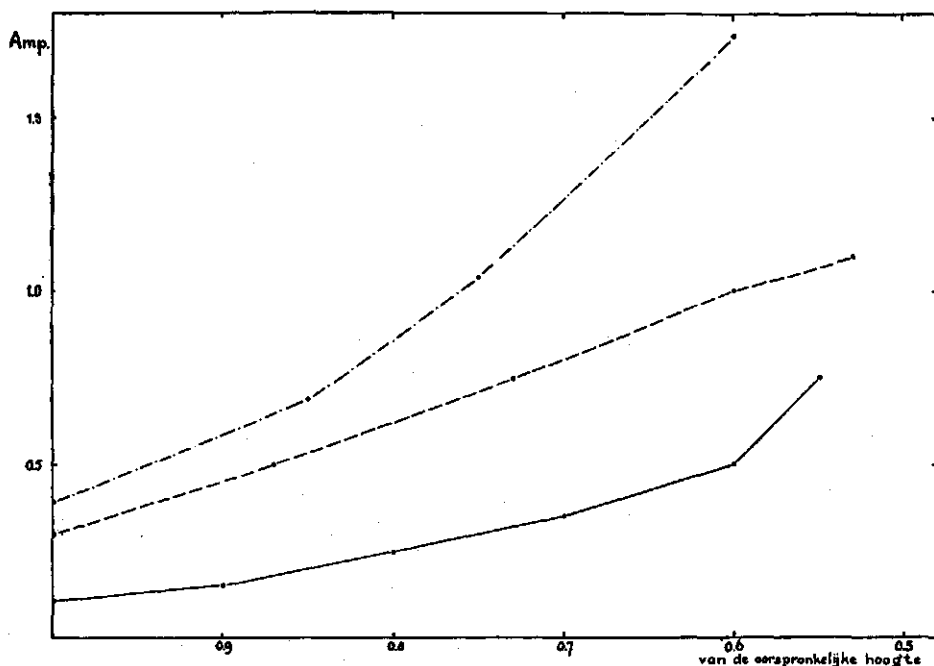


Fig. 10. Invloed van het samendrukken van de grond op de stroomsterkte; — in bladgrond (zie tabel XIII); ---- in bladgrond (zie tabel XIV); - · - · - in kleigrond (zie tabel XV).

Influence of the compressing of the soil on the strength of current — through leafmould (see tabel XIII); ---- through leafmould (see tabel XIV); - · - · - through clay soil (see tabel XV).

verminderd, terwijl de totale weerstandswaarde van de grondmassa van  $\frac{225}{0,1} = 2250$  Ohm terugliep tot  $\frac{225}{0,75} = 300$  Ohm, dus tot op ongeveer  $1/7$  van haar aanvangswaarde.

Deze betere geleiding is vooral te verklaren door het grotere aanrakingsoppervlak tussen het water, dat zich om de gronddeeltjes bevindt, terwijl daarnaast ook de verlaging van de overgangsweerstand tussen de elektroden en de grond een rol zal spelen.

Bij een 2e proef werd een hoeveelheid van dezelfde grondsoort onder rijkelijke toevoeging van water, in de ontsmetter samengedrukt, van een hoogte van 15 cm tot een hoogte van 8 cm in étappes van 2 en 1 cm. De temperatuur bedroeg hierbij ca 21°C.

Uit de betreffende waarnemingen, die in tabel XIV en fig. 10 (----) zijn opgenomen, blijkt, dat er bij deze vochtig gemaakte bladgrond een vrijwel evenredig verband tussen de hoogtevermindering van de grondmassa en de stroomwaarde bestaat.

TABEL XIV. DE INVLOED VAN SAMENDRUKKING OP DE STROOM-STERKTE IN VOCHTIGE BLADGROND

Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères	Hoogte van de grond in cm <sup>1)</sup>	Verhouding vulhoogte
225	0,3	15	1,00
225	0,5	13	0,87
225	0,75	11	0,73
225	1,0	9	0,60
225	1,10	8	0,53

<sup>1)</sup> Het volume van de grond was bij aanvang 23,3 dm<sup>3</sup>, het gewicht 16,05 kg en de temperatuur 21°C.

Voorts werd nog een proef met het samendrukken van een hoeveelheid vochtige kleigrond genomen, en wel werd deze van een hoogte van 20 cm tot een hoogte van 12 cm samengedrukt. De stroomwaarde werd berekend met behulp van de kWh-meter en de Voltmeter; zij bedroeg 0,39 A bij de aanvang, en 1,74 A bij het einde der samendrukking.

Uit de betreffende waarnemingen, die in tabel XV en in fig. 10 (---) zijn opgenomen blijkt, dat bij de verdere samendrukking de stroomsterkte iets sterker toeneemt dan in het begin.

TABEL XV. DE INVLOED VAN SAMENDRUKKING OP DE STROOM-STERKTE IN VOCHTIGE KLEIGROND

Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères	Hoogte van de grond in cm <sup>1)</sup>	Verhouding vulhoogte
225	0,39	20	1,00
225	0,69	17	0,85
225	1,04	15	0,75
225	1,74	12	0,60

<sup>1)</sup> Het volume van de grond was bij aanvang 310 dm<sup>3</sup>. Het gewicht van de grond 26,6 kg.

Op 30 Augustus 1935 werd nog eens een vrij droge kleigrond samengedrukt, waarbij de stroomwaarde van de niet samengedrukte massa 0,14 A was en bij een hoogtevermindering, tot 0,85 en later tot 0,76 van de oorspronkelijke hoogte, toenam tot respectievelijk 0,17 en 0,22 A, zodat hier ook in verhouding tot de beginwaarde slechts een geringe vermeerdering van de stroomsterkte viel waar te nemen.

Al is uit de bovenstaande gegevens nog geen vaste regel te trekken omtrent de invloed van het samendrukken, blijkt er toch wel uit, dat de *stroomsterkte ongeveer verdubbeld wordt door het samendrukken van een tamelijk vochtige grond tot ca 4/5 van de oorspronkelijke hoogte.*

*Vatten we nu nog eens de resultaten samen, voor zover zij van betekenis zijn voor de toepassing van de elektrische grondontsmetting in de praktijk,*

dan kan men zeggen, dat de beginstroom op de volgende manieren tot een voldoende grootte gebracht kan worden.

1°. Door de toevoeging van een hoeveelheid water, gelijk aan  $1/10$  van het grondgewicht, wordt de stroomwaarde van een niet te droge grond (zowel bij zand als bij klei) drie maal zo groot of soms meer.

2°. Door de verhoging van het gehalte aan oplosbare stoffen (electrolyten) in de grond. Deze kan verkregen worden door de toevoeging van de verschillende kunstmeststoffen, waarbij aan zwavelzure kali de voorkeur moet worden gegeven.

Ammonsalpeter bleek alleen geschikt te zijn voor humusrijke gronden. De meeste andere kunstmeststoffen zijn echter ook in meer of mindere mate geschikt.

Men is bij het gebruik van kunstmest wel aan een bepaalde maximale dosis gebonden, welke voor de genoemde meststoffen ongeveer 2 g per  $\text{dm}^3$  grond bedraagt. Bij een dergelijke dosis zal in een vochtige grond zeker een voldoende stroomsterkte verkregen worden om de grond in korte tijd te ontsmetten.

3°. Door het samendrukken van de grond. Hierbij zal door een vermindering van de hoogte tot op  $4/5$  van de oorspronkelijke waarde de stroomsterkte ongeveer verdubbeld worden. Ook dit geldt alleen, indien de grond voldoende vochtig is.

Bij de toepassing in de praktijk is het eenvoudigste middel; de toevoeging van water, waarbij men er zorg voor moet dragen, dat het water goed door de grond verdeeld is, daar anders de stroomverdeling onregelmatig wordt en er dientengevolge grote plaatselijke verschillen in de temperatuur van de grond kunnen optreden, waardoor de ontsmetting weer minder effectief wordt. Na het water volgt de kunstmest als eenvoudigste middel; het beste is, deze reeds vooraf met de grond te vermengen. De samendrukking wordt liefst alleen dan gebruikt, wanneer de stroomsterkte slechts weinig beneden het vereiste niveau is.

## VIII. DE VERHOUDING TUSSEN DE TEMPERATUUR EN DE WEERSTAND VAN DE GROND

In tegenstelling met de gewone elektrische geleiders neemt bij de electrolyten, bij stijgende temperatuur, de weerstand af, en dus bij gelijkblijvende spanning de stroomsterkte toe.

Aangezien de maximale stroomsterkte een zekere toelaatbare waarde niet mag overschrijden, omdat anders de smeltveiligheden doorslaan of de meetinstrumenten defect kunnen raken, werd nagegaan in hoeverre het mogelijk is, om reeds bij de aanvang van de ontsmetting te kunnen bepalen, welke de maximale waarde van de stroomsterkte zal wezen wanneer de temperatuur tot  $100^\circ\text{C}$  zal zijn gestegen. Daarom werd nu nagegaan, hoe het verband is tussen de temperatuur van

de grond en de waarde van de stroom, welke er door gaat.

Hiertoe werden tijdens het electrisch verwarmen van enige grondsoorten, behalve de temperatuur, tevens de stroomsterkte en de spanning opgenomen, en wel geschiedde dit op 14 Augustus 1935 bij rivierzand, en op 9 en 30 Augustus 1935 bij kleigrond. Deze waarnemingen zijn respectievelijk in de tabellen XVI-XVIII opgenomen. Hiernaast werden nog in andere gevallen de temperatuur en de stroomsterkte bij het begin en bij het koken van verschillende gronden genoteerd en in tabel XIX samengevoegd.

Beschouwen we allereerst de gegevens, welke verkregen werden op 14 Augustus (Tabel XVI) bij de verwarming van gewassen rivierzand, met een vochtgehalte van  $23\frac{1}{2}\%$  waardoor eerst 35 g Ammonsalpeter goed verdeeld (zie p. 46 e.v.) was.

**TABEL XVI. HET VERLOOP VAN TEMPERATUUR, STROOMSTERKTE EN ELECTRICITEITSVERBRUIK BIJ DE BEHANDELING VAN RIVIERZAND (14-8-35; zie fig. 12 —, en fig. 14 boven).**

Tijdsduur vanaf de aanvang (13 15) h min	Totaal electr.verbr. in kWh	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères <sup>1)</sup>	Stroom- sterkte bij 220 V <sup>1)</sup>	Temperatuur (gecorrigeerd)
0 00	0,00	219	1,94	1,95	16,9
0 05	0,04	218	2,08	2,10	19,5
0 10	0,08	218	2,18	2,20	22,2
0 15	0,12	218	2,34	2,36	25,0
0 20	0,17	218	2,28	2,30	27,9
0 25	0,21	219	2,38	2,39	30,9
0 30	0,26	221	2,52	2,51	34,1
0 35	0,31	220	2,68	2,68	37,1
0 40	0,36	220	2,80	2,80	40,3
0 45	0,41	223	3,28	2,96	43,5
0 50	0,48	224	3,04	2,99	47,5
0 55	0,53	223	3,28	3,27	50,7
1 00	0,60	222	3,38	3,35	54,1
1 05	0,66	219	3,45	3,46	57,6
1 10	0,72	218	3,54	3,57	60,6
1 15	0,80	219	3,66	3,68	63,8
1 20	0,87	221	3,84	3,82	67,1
1 25	0,94	221	3,94	3,92	70,4
1 30	1,02	221	4,14	4,12	73,7
1 35	1,10	221	4,14	4,12	77,1
1 40	1,18	219	4,23	4,25	79,9
1 45	1,26	218	4,33	4,37	82,7
1 50	1,35	218	4,71	4,76	85,9
1 55	1,44	218	4,61	4,65	88,9
2 00	1,52	220	4,90	4,90	91,7
2 05	1,62	220	4,80	4,80	95,7
2 10	1,72	220	4,85	4,85	97,8
2 15	1,81	220	4,90	4,90	98,8

<sup>1)</sup> Hier is geen correctie (van 0,07 A) aangebracht voor de stroom door het hout.

Tijdsduur vanaf de aanvang h min	Totaal electr. verbr. in kWh	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères <sup>1)</sup>	Stroom- sterkte bij 220 V <sup>1)</sup>	Temperatuur (gecorrigeerd)
2 20	1,91	220	4,95	4,95	99,3
2 25	2,01	220	5,00	5,00	99,7
2 30	2,10	220	5,00	5,00	99,9
2 35	2,20	220	5,00	5,00	100,0
2 40	2,30	220	4,95	4,93	100,0
2 45	2,39	222	4,95	4,91	100,0
2 50	2,49	222	4,95	4,91	100,0
2 55	2,57	222	4,93	4,89	100,0
3 00	2,65	222	4,75	4,71	100,0
3 05	2,74	223	4,68	4,62	100,0
3 10	2,83	224	4,59	4,51	100,0
3 15	2,92	223	4,47	4,41	99,9
3 30	3,17	224	4,13	4,05	99,9
3 45	3,41	230	4,03	3,86	99,7
4 00	3,65	232	3,84	3,64	99,6
4 15	3,86	231	3,62	3,45	99,6
4 30	4,08	232	3,41	3,23	99,5
4 45	4,28	232	3,22	3,05	99,4
5 00	4,46	232	3,06	2,90	99,3
5 15	4,63	233	2,84	2,68	99,3
5 30	4,80	233	2,68	2,53	99,2
5 45	4,94	232	2,54	2,41	99,2
6 00	5,09	232	2,42	2,29	99,1
6 15	5,23	231	2,31	2,20	99,1
6 30	5,38	229	2,21	2,12	99,0
6 45	5,49	228	2,12	2,04	98,9
7 00	5,60	228	2,05	1,98	98,4
7 15	5,80	228	1,97	1,90	97,5
7 30	5,83	228	1,89	1,82	97,0
7 45	5,93	229	1,79	1,73	96,2
8 00	6,03	230	1,73	1,65	95,3
8 15	6,12	231	1,68	1,60	94,4
8 30	6,22	232	1,61	1,53	93,4
8 45	6,32	232	1,53	1,45	92,3
9 00	6,41	233	1,45	1,37	91,1
16 45	6,90	226	0,43	0,42	53,0
17 30	6,92	226	0,40	0,39	48,6
18 10	6,96	225	0,37	0,29	47,9
18 30	7,00	228	0,33	0,30	46,4
19 00	7,09	223	0,30	0,29	45,4
19 30	7,15	219	0,25	0,25	44,3
20 30	7,21	221	0,23	0,23	42,8
21 30	7,29	222	0,23	0,23	41,3
22 30	7,34	234	0,2	0,20	39,7
23 00	7,37	229	0,2	0,20	38,8
24 00	7,43	225	0,2	0,20	37,1
25 00	7,50	227	0,2	0,20	34,8
26 15	7,58	227	0,2	0,20	32,9

<sup>1)</sup> Hier is geen correctie (van 0,07 A) aangebracht voor de stroom door het hout.

We zien dan, dat met de stijging van de temperatuur ook de stroomsterkte regelmatig toegenomen is. Indien we de betreffende gegevens in een grafiek verwerken, waarbij de temperatuur in horizontale ( $x = t$ ) en de stroomsterkte in verticale richting ( $y = I_t$ ) worden uitgezet, dan blijken de verkregen punten vrijwel op een rechte lijn te liggen van het algemene karakter  $y = mx + q$  of hier  $I_t = mt + q$ .

We berekenen nu uit de waarnemingen, welke in Tabel XVI zijn opgenomen  $m$  (een verhoudingsgetal, de zgn. richtingstangens),  $q$  (de stroomsterkte, waarbij de temperatuur  $t = 0^\circ\text{C}$ ) en  $p$  (de temperatuur, waarbij bij een gelijk verloop als tussen  $15$  en  $100^\circ\text{C}$  de stroomsterkte  $0$  A zou zijn) met hun middelbare fouten. Bij deze berekening passen we, om de reeds op p. 39 genoemde reden, de geometrische methode toe (v. UVEN 1935, p. 81 e.v.).

We vinden dan:  $m = 0,037 \pm 0,0005$  ( $\varphi = 2^\circ 7'$ ),  $q = 1,34 \pm 0,03$  (Ampère) en  $p = -36,2 \pm 1,39$  ( $^\circ\text{C}$ ).

Uit de kleine middelbare fouten is de aanname van een rechtlijnig verband tussen stroomsterkte en temperatuur bij een toename van de laatste van ( $0^\circ$ )  $15^\circ$ – $100^\circ\text{C}$  wel te rechtvaardigen.

Berekenen we ook voor de nog nader te bespreken gegevens, welke in tabel XVII en XVIII zijn opgenomen dezelfde waarden, dan vinden we voor de waarnemingen, welke in tabel XVII zijn opgenomen  $m = 0,039 \pm 0,0014$  ( $\varphi = 2^\circ 13'$ ),  $q = 1,39 \pm 0,072$  (Ampère) en  $p = -35,9 \pm 3,58$  ( $^\circ\text{C}$ ),

en voor de gegevens uit tabel XVIII  $m = 0,040 \pm 0,0016$  ( $\varphi = 2^\circ 17'$ )  $q = 0,64 \pm 0,114$  (Ampère) en  $p = -16,1 \pm 3,48$  ( $^\circ\text{C}$ ).

Al vinden we hier voor  $m$  en  $q$  en ook wel voor  $p$  andere waarden, dan blijkt toch nog, dat de verhouding tussen  $I_{100}$  en  $I_t$  voor een bepaalde temperatuur  $t$  althans voor de 2 eerste waarnemingsreeksen tamelijk constant is. Voor  $t$  is  $20^\circ\text{C}$  vinden we voor de 3 reeksen b.v. voor  $\frac{I_{100}}{I_t}$  respectievelijk 2,59; 2,44 en 3,21.

Hetzelfde geldt ook, globaal genomen, voor de waarnemingen, welke in tabel XIX zijn opgenomen en aan verschillende gronden en stroomwaarden zijn ontleend. Het kan ook niet anders, dan dat deze verhouding slechts een benadering is, daar het vochtgehalte de homogeniteit enz. van de verschillende gronden zeer verschillend zijn en tijdens de verwarming verandering ondergaan.

Reeds eerder is aangegeven, dat het van practisch belang is dat uit de stroomsterkte bij een bepaalde temperatuur ( $I_t$ ) kan worden bepaald, hoe groot deze zal worden, indien de temperatuur tot  $100^\circ\text{C}$  is gestegen.

Om de mogelijkheid hiervan te kunnen nagaan is het noodzakelijk om de stroomsterkte  $I_t$  bij een willekeurige temperatuur uit te drukken



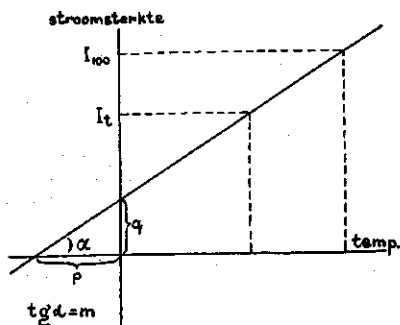


Fig. 11

in de stroomsterkte  $I_{100}$  bij  $100^\circ\text{C}$ .

Indien we aannemen, dat de afstand ( $p$ ) van het punt waar de verhoudingslijn de x-as snijdt tot de oorsprong in alle gevallen gelijk is,

dan volgt uit fig. 11, dat  $\frac{I_t}{t + (-p)} = \text{tg} \alpha = m (= \text{constant})$ .

Het verband tussen  $I_t$  en  $I_{100}$  kan thans uitgedrukt worden in:

$$\frac{I_t}{I_{100}} = \frac{t-p}{100-p} = t \frac{1}{100-p} - p \frac{1}{100-p} \quad (1)$$

of indien men  $\frac{1}{100-p} = B$  (2) stelt

$$\frac{I_t}{I_{100}} = tB - pB \quad (3)$$

Dan is echter ook  $100-p = \frac{1}{B}$  en  $p = 100 - \frac{1}{B}$ .

De formule (3) kan men dan ook als volgt schrijven:

$$\frac{I_t}{I_{100}} = tB + (1-100B) = 1-B(100-t)$$

Berekenen we nu voor de waarnemingen, welke in de tabellen XVI, XVII en XVIII opgenomen zijn de verhouding  $\frac{I_t}{I_{100}} = 1-B(100-t)$  en

zetten wij die in een grafiek uit (zie fig. 12) dan blijken deze dezelfde rechte lijn te benaderen (op de afwijkingen komen we nog nader terug).

Hieruit volgt, dat  $B$  voor verschillende gronden bij benadering gelijk zal zijn, hetgeen dus volgens formule (2) wil zeggen, dat ook  $p$  inderdaad voor de verschillende gronden ongeveer gelijk is. Als voorbehoud geldt hier natuurlijk, dat het gedrag beneden  $17^\circ\text{C}$  (de laagste temperatuur die hier voor de berekening van  $B$  is gebezigd) zich niet zal wijzigen.

Geometrisch beduidt dit nog, dat voor de verschillende grondsoorten en bij verschillende stroomwaarden de lijnen  $I_t = mt + q$  elkaar in één punt op de x-as zullen snijden. Ook dit geldt onder het zoeven genoemde voorbehoud en voor een ideale grond. In werkelijkheid vertonen de lijnen, welke men uit de waarnemingen berekent, afwijkingen.

Aangezien deze afwijkingen, welke o.a. ontstaan door ongelijkmatigheid van de grond (kluiten, enz.) zich bij zand in geringere mate doen gelden, besloten wij  $B$  te berekenen uit de waarnemingen, welke in tabel XVI zijn opgenomen. Dit blijkt te zijn  $B = 0,0073$ .

Uit de formule  $I_t = I_{100} (1-B(100-t))$  volgt ook, dat er steeds eenzelfde verhouding bestaat tussen de stroomsterkte bij één bepaalde temperatuur en die bij  $100^\circ\text{C}$ . Berekenen we deze verhoudingen voor elke  $10^\circ\text{C}$  tussen  $0^\circ$  en  $100^\circ\text{C}$  met het verhoudingsgetal ( $B$ ), dan vinden we:

Temperatuur	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Verhouding stroomsterkten $\frac{I_t}{I_{100}}$	0,27	0,34	0,41	0,49	0,56	0,63	0,71	0,78	0,85	0,93
$\frac{I_{100}}{I_t}$	3,8	2,9	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1

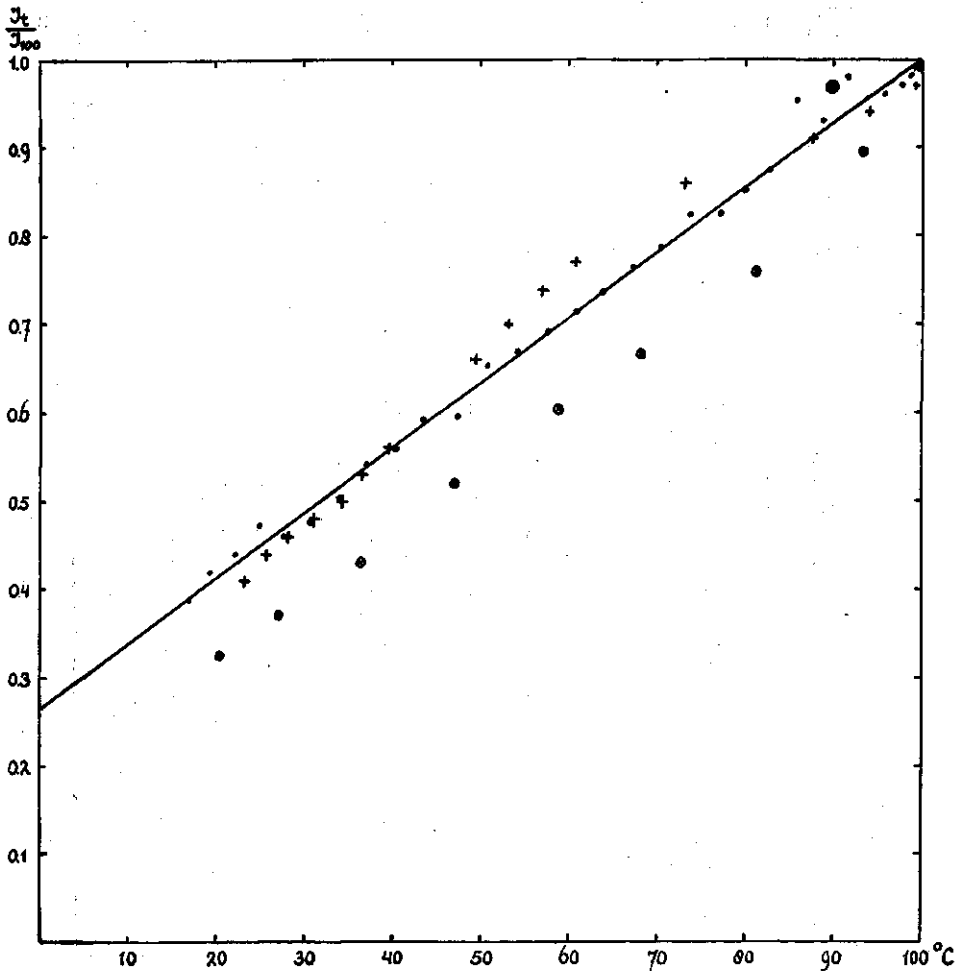


Fig. 12. De verhouding  $\frac{I_t}{I_{100}}$  —; voor rivierzand (zie tabel XVI); + voor kleigrond (zie tabel XVII); ⊗ voor kleigrond (zie tabel XVIII).

The ratio  $\frac{I_t}{I_{100}}$  —; for riversand (see tabel XVI); + for clay soil (see tabel XVII); ⊗ voor clay soil (see tabel XVIII).

De verhouding  $\frac{I_t}{I_{100}}$  is ook voor iedere willekeurige temperatuur in fig. 12 af te lezen. Aan de hand hiervan kan nu op een eenvoudige wijze, uit iedere willekeurige waarneming bepaald worden, hoe groot de maximale stroomsterkte zal wezen en wel door de betreffende stroom-

**TABEL XVII. HET VERLOOP VAN TEMPERATUUR, STROOMSTERKTE EN ELECTRICITEITSVERBRUIK BIJ DE BEHANDELING VAN KLEIGROND (9-8-'35; zie fig. 12 × en fig. 14 onder) <sup>1)</sup>.**

Tijd h min	Totaal electr.verbr. in kWh	Spanning in Volts	Stroom- sterkte	Stroomsterkte bij 220 V	Temperatuur (gecorrigeerd) in °C
14 15	0,00	221	2,14	2,13	23,2
20	0,05	219	2,28	2,29	25,7
25	0,10	219	2,37	2,38	28,2
30	0,15	219	2,48	2,49	31,0
35	0,20	219	2,58	2,59	34,7
40	0,25	218	2,74	2,76	36,6
45	0,30	219	2,90	2,91	39,5
15 00	0,48	220	3,41	3,41 <sup>2)</sup>	49,5
05	0,56	226	3,73	3,63	53,1
11	0,63	225	3,92	3,83	57,0
15	0,70	224	4,05	3,98	60,7
30	0,94	218	4,41	4,45 <sup>2)</sup>	73,2
45	1,21	221	4,77	4,75 <sup>2)</sup>	87,7
52	1,34	220	4,87	4,87 <sup>2)</sup>	94,1
16 00	1,49	221	5,05	5,03	99,4
06	1,60	218	5,10	5,14	99,7
10	1,69	218	5,15	5,20	99,9
15	1,79	219	5,15	5,17	99,9
30	2,07	219	5,15	5,17	100,0
45	2,35	220	3,73	3,73	100,0
50	2,38	221	0,5	0,5	99,7
55	2,40	222	0,3	0,3	99,1
17 00	2,41	223	0,2 +	0,2 +	98,3
15	2,42	223	0,2	0,2	95,6
30	2,44	225	0,2 -	0,2	92,5
45	2,46	227	0,2 -	0,15	89,4
18 15	2,50	233	0,2 -	0,15	84,1
45	2,53	231	0,2 -	0,15	78,6
19 15	2,56	232	0,2 -	0,15	74,2
20 15	2,62	232	0,1	0,1 +	66,2
21 15	2,68	229	0,1	0,1 +	59,9
22 15	2,73	230	0,1	0,1 +	54,8
8 15	3,16	221	0,1	0,1	28,6
9 15	3,21	217	0,1	0,1	27,4
10 30	3,25	221	0,1	0,1	27,1
14 15	3,40	234	0,1	0,1	28,8

<sup>1)</sup> Deze grond werd eerst nat gemaakt, zie tabel VII.

<sup>2)</sup> Bij de berekening van m, p en q werd hieraan het gewicht 3 gegeven.

<sup>3)</sup> Gewicht 2.

sterkte te vermenigvuldigen met het verhoudingsgetal  $\frac{I_t}{I_{100}}$  van de bijbehorende temperatuur. Dat deze verhoudingscijfers niet altijd precies hetzelfde zullen zijn is a priori te verwachten, daar door ongelijkmatigheden van de grond, welke zich tijdens de verwarming wijzigen, ook de toename van de stroomsterkte niet alleen meer het gevolg is van het betere geleidingsvermogen van de electrolyten bij hogere temperaturen. Bij de behandeling van de resultaten, welke verkregen werden bij de verwarming van twee kleigronden, zullen de genoemde afwijkingen nog nader besproken worden.

Uit de volgende proeven, die met kleigrond werden genomen, blijkt, dat de resultaten van de proef met zand een mooier beeld geeft.

Een van deze gronden kwam uit een kas en was zeer nat gemaakt (vochtgehalte 35%). Deze werd op 9 Augustus 1935 in de ontsmetter verhit. De verhoging van de temperatuur en de stroomsterkte werd regelmatig genoteerd en is in tabel XVII opgenomen.

Uit deze gegevens, welke ook in fig. 12 (+) zijn weergegeven, blijkt, dat de verhouding  $\frac{I_t}{I_{100}}$  hier niet geheel hetzelfde verloop vertoont als bij de zandgrond. Wel komen de waarden beneden  $40^\circ$  en boven  $75^\circ$  daarmede goed overeen, doch de verhoudingscijfers daartussen zijn te hoog. De oorzaak is vermoedelijk gelegen in het onregelmatig aanzakken van de grond tegen de elektroden, of een onregelmatige verdeling van de temperatuur in de grond, waarop we nog nader terugkomen.

De gegevens, welke op 30 Augustus 1935 aan een gezeefde kleigrond uit een bak ontleend zijn, zijn in tabel XVIII en eveneens in fig. 12 (⊗) opgenomen.

We zien uit fig. 12, (⊗) dat de punten, welke de verhouding  $\frac{I_t}{I_{100}}$  van de verschillende waarnemingen weergeven tussen  $20^\circ$  en  $\pm 90^\circ$ , vrijwel op een rechte lijn liggen. Deze heeft ongeveer dezelfde helling als de lijn welke de bovengenoemde verhouding weergeeft bij het zand (fig. 12—,.) doch is op een lager niveau gelegen. Boven  $90^\circ$  wordt de verhouding veel groter, doordat de stroomsterkte in korte tijd vrij snel stijgt.

Bepalen we dan ook de meest waarschijnlijke lijn voor de waarnemingen beneden  $90^\circ$  met de formule  $I_t = mt + q$ , dan vinden we voor de richtingstangens  $m = 0,035 \pm 0,0007$  ( $\varphi = 2^\circ 0'$ ) en voor  $q(I_0) = 0,82 \pm 0,003$ , en hieruit de factor  $\beta = 0,008$ .

Nemen we alle 10 (kwartier) waarnemingen, (zie p. 57) dan vinden we voor de richtingstangens  $m = 0,040 \pm 0,0016$  en voor  $q(I_0) = 0,64 \pm 0,114$  A, dus met veel groter fouten, waarbij de factor  $\beta = 0,009$ .

Het afwijkende gedrag, dat zich uit door een sterkere stijging, van de verhouding  $\frac{I_t}{I_{100}}$  tussen  $90^\circ$  en  $100^\circ$  is vermoedelijk hieraan toe te

**TABEL XVIII. HET VERLOOP VAN TEMPERATUUR, STROOMSTERKTE EN ELECTRICITEITSVERBRUIK BIJ DE BEHANDELING VAN KLEIGROND (30-8-'35; zie fig. 12 ⊗ )<sup>1)</sup>.**

Tijd <sup>1)</sup> h min	Totaal electr.verbr. in kWh	Spanning in Volts	Stroomsterkte in Ampères	Stroom- sterkte bij 220 V <sup>2)</sup>	Temperatuur (gecorrigeerd) in °C
15 45	0,10	226	1,70	1,57	20,2
16 00	0,10	227	1,93	1,79	27,2
16	0,23	226	2,21	2,07	36,3
30	0,40	227	2,59	2,50	47,0
45	0,58	217	3,02	2,90	58,9
17 00	0,74	229	3,41	3,20	68,1
15	0,96	228	3,91	3,69	81,1
30	1,19	228	4,45	4,31	93,4
35	1,28	229	4,70	4,43	97,9
40	1,38	229	4,97	4,69	99,2
45	1,48	231	5,08	4,76	99,6
50	1,59	232	5,12	4,77	99,7
55	1,69	231	5,15	4,83	99,8
18 00	1,79	232	5,15	4,81	100,0
04	1,88	232	4,71	4,39	100,0
08		232	4,23	3,93	100,0
10	1,96	232	3,55	3,29	100,0
13		233	2,16	1,96	100,0
15	2,00	234	1,70	1,52	99,9
18	2,00	234	1,40	1,24	99,9
20	2,04	234	0,98	0,84	99,3
22		234	0,6 -	0,48	99,3
25	2,05	234	0,5	0,39	98,2
30	2,05	234	0,5 -	0,39	97,1
45	2,09	235	0,4 +	0,29	93,9
19 15	2,13	234	0,2 +	0,11	88,0
45	2,16	231	0,2	0,11	82,4
20 15	2,20	229	0,2	0,11	77,3
45	2,24	229	0,2 -	0,11	72,1
21 15	2,27	229	0,2 -	0,11	67,7
45	2,31	230	0,2 -	0,11	64,1
22 15	2,34	230	0,2 -	0,11	62,7
6 45	3,22	234	0,2	0,11	38,2
7 45	3,28	232	0,2	0,11	37,3
8 45	3,33	229	0,2	0,11	35,4

<sup>1)</sup> Deze grond werd eerst samengedrukt (zie p. 53), flink bevochtigd tot een vochtgehalte van 26,5% (zie tabel VIII) en vervolgens werd er nog  $\pm 25$  g ongebluste kalk als kalkmelk toegevoegd (zie p. 50) het vochtgehalte was daarna 27,8 %. Hierna werd tot de verwarming overgegaan.

<sup>2)</sup> Verminderd met 0,08 A voor de stroom door het hout.

schrijven, dat pas bij het kookpunt de temperatuur van de gehele grondmassa gelijkmatig wordt. Is nl. de kwikbol van de thermometer geplaatst in een gedeelte van de grond, waar toevallig (door een plaat-selijke slechtere geleiding) de temperatuur lager is dan de gemiddelde

temperatuur in de grond, dan zien we dat de totale stroomsterkte tussen 90° en 100° onevenredig weinig toeneemt; bevindt hij zich op een plaats, welke ongeveer overeenkomt met de gemiddelde temperatuur, dan is er een zeer regelmatig verband tussen de toename van de temperatuur en de stroomsterkte. Indien de kwikbol echter toevallig op een plaats terecht is gekomen waar de temperatuur hoger dan het gemiddelde is, dan krijgen we bij 100° een sterke stijging van de stroomsterkte met slechts een geringe toename van de temperatuur te zien, omdat de grond in z'n geheel tot bij 100°C in temperatuur gestegen moet zijn, voordat het water in de grond begint te koken. Het is dan te verwachten, dat het verschijnsel het meeste zal worden waargenomen bij gronden met een ongelijkmatige structuur of bij ongelijkmatige electrolyt (vocht) verdeling. Dit laatste komt ook bij zand algemeen voor, indien het niet geheel met water verzadigd is. Op 21 September 1935 werd bij een verhitting van rivierzand, waaraan Kaliumsulfaat was toegevoegd, met een vochtgehalte van ca 14% waargenomen, dat de stroomsterkte bij een temperatuur van 98,5°C 6,1 A was en nog steeg tot 6,8 A bij 100°C, terwijl hoogstens een stijging tot 6,3 A verwacht mocht worden.

Hoe tijdens de verwarming de *warmteverdeling* in de grond is hebben we niet nauwkeurig onderzocht. Het is evenwel te verwachten, dat bij een ongelijkmatige structuur van de grond de warmteverdeling onregelmatig zal wezen, wat het sterkste tot uiting zal komen, indien de grond snel verhit wordt.

Enige waarnemingen, welke in dit verband genomen werden, wezen wel uit, dat het een groot verschil gaf of men de temperatuur tijdens het verwarmen van de grond opnam of nadat deze reeds kookte. In het laatste geval was de temperatuur zeer regelmatig. Van de temperatuursverdeling tijdens het verwarmen geven de volgende waarnemingen een indruk.

In een vochtige kleigrond was de temperatuur op 19 November 1934 in het midden van de kist, op  $\frac{1}{2}$  cm onder het grondoppervlak 14°; op 1 cm 15°, op 5 cm 23° en op 9 cm 35°C.

Bij natte turfmolm werd op 23 November 1934 op 3 cm diepte 31,5° en op 10 cm 20,5° en later op 3 cm 47° en op 10 cm diepte 38°C waargenomen.

Op 26 November 1934 werd in dezelfde turfmolm in het midden vlak onder het oppervlak 96°, bij de electrode 94° en in het midden aan de voorkant 87°C gevonden. Daarentegen was de temperatuur op 30 November 1934 in het midden van het bovenste laagje 38,5° en op 15 cm diepte 50°. Bij deze gegevens dient nog te worden opgemerkt, dat deze turfmolm telkens zeer snel verhit werd, zie tabel XIX en fig. 9 (p. 50).

Uit het bovenstaande volgt, dat de temperatuur tijdens het verwarmen van de grond op één bepaald tijdstip zeer verschillend kan zijn. Daar dit vóór de verwarming meestal niet het geval is, moet voor de

berekening van de maximale stroomsterkte aan de begintemperatuur met bijbehorende stroomsterkte ( $I_t$ ) een groter waarde gehecht worden dan aan deze beide factoren tijdens de verwarming. Hierom werd voor verschillende gronden deze begintemperatuur met de bijbehorende stroomsterkte en de maximale stroomsterkte ( $I_{100}$ ) in tabel XIX opgenomen. Verder zijn in deze tabel nog hun verhoudingen  $\frac{I_t}{I_{100}}$  en de verhouding  $\frac{I_{100}}{I_t}$ , welke te verwachten is uit de gegevens van de zandgrond van 14 Augustus 1935 (zie p. 55 e.v.) opgenomen.

TABEL XIX. DE VERHOUDING  $\frac{I_t}{I_{100}}$  BIJ VERSCHILLENDE GRONDEN

Datum	grondsoort	temp. t	bijbeh. stroom- sterkte $I_t$	max. stroom- sterkte $I_{100}$	$\frac{I_{100}}{I_t}$	$\frac{I_t}{I_{100}}$	$\frac{I_t}{I_{100}}$ (uit fig. 12)
10- 9-'34	rivierzand	20,9	4,3	11,5	2,7	0,37	0,42 <sup>1)</sup>
13- 9-'34	hetzelfde zand	26,0	2,98	7,9	2,2	0,38	0,46
28- 9-'34	hetzelfde zand	21,0	1,59	4,28	2,5	0,37	0,42
16-10-'34	hetzelfde zand	24,0	5,0	12,6	2,5	0,40	0,44 <sup>1)</sup>
19-11-'34	kleigrond	{ 23,0 35,0	2,7	6,2	2,3	0,44	0,44 0,52
23-11-'34	turfmolm <sup>2)</sup>	8,0 { 20,5 31,5 38,0 47,0	4,34 7,7	15,7 15,7	4,2 2,0	0,24 0,49	0,33 <sup>3)</sup> 0,42 0,50 0,55 0,61
26-11-'34	dezelfde turf molm	10,0	4,66	17,2	3,6	0,27	0,34
30-11-'34	dezelfde turf molm	38,5	7,08	16,9	2,4	0,42	0,55
14-12-'34	turf molm + zand	7,0	1,35	6,8	5,0	0,20	0,32 <sup>4)</sup>
7- 3-'34	gezeefde compost (kleigrond)	{ 4,0 29,0	0,84 2,06	4,49 4,49	5,3 2,2	0,19 0,46	0,29 0,48
19- 3-'34	gezeefde compost (kleigrond)	5,7	1,57	8,58	5,5	0,18	0,31
3- 4-'34	gezeefde compost (kleigrond)	{ 2,5 38,0	1,79	12,86 (10,05) 12,86 (10,05)	7,2 (5,6) 3,2 (2,5)	0,14 (0,18)	0,28 <sup>5)</sup> 0,55 <sup>5)</sup>
9- 8-'35	kleigrond	23,2	2,14	5,15	2,4	0,42	0,44
14- 8-'35	rivierzand	16,9	1,94	5,00	2,6	0,39	0,39 <sup>4)</sup>
30- 8-'35	gezeefde kleigrond	20,2	1,70	5,15	3,0	0,33	0,41

Bij <sup>1)</sup>, <sup>2)</sup>, <sup>3)</sup> en <sup>4)</sup> werd respectievelijk 70, 75, 37½ en 35 g Ammonsalpeter toegevoegd.

<sup>5)</sup> Zie noot 6 onder tabel XX. <sup>5)</sup> Zie fig. 9 p. 50.

Uit de tabel is te zien, dat de berekende verhoudingswaarde bijna steeds groter is, dan die, welke in werkelijkheid gevonden werd. Voorzover de stroomsterkte na het inschakelen opgenomen werd, zijn deze

afwijkingen misschien te verklaren op de wijze, zoals op pag. 62 is aangegeven. In dat geval zou dus de thermometer te diep in de grond gestoken zijn en de waargenomen temperatuur dientengevolge hoger zijn dan de gemiddelde.

Deze verklaring gaat echter niet op voor die gevallen, waarin de temperatuur en de stroomsterkte vóór het inschakelen bepaald werden. In hoeverre het dan zijn oorzaak vindt in een vermeerdering van de opgeloste zouten tijdens de verhoging van de temperatuur, of dat een afwijkend gedrag beneden 10°C een rol speelt, moeten we, bij gebrek aan voldoende gegevens, voorlopig buiten beschouwing laten.

In verband met het bovenstaande moet men er rekening mee houden, dat de maximale stroomsterkte ongeveer 20% groter kan worden dan volgens de berekening te verwachten was.

Vindt men b.v. als beginwaarde 2 A bij een temperatuur van 10°C (voor deze temperatuur is uit fig. 12 af te lezen, dat de verhouding  $\frac{I_t}{I_{100}} = 0,34$ ), dan kan men verwachten, dat de maximale stroomsterkte  $\frac{1}{0,34} \times 2 = 5,9 + 20\% = 7,1$  A wordt, zodat de toevoerleiding van de ontsmetter met een smeltveiligheid van minstens 10 A beveiligd moet zijn.

Deze beginwaarde kan men in de praktijk meestal op de eenvoudigste wijze berekenen, zoals op p. 30 is aangegeven.

## IX. HET ELECTRICITEITS-VERBRUIK

Om van het gehele verloop van de elektrische ontsmetting een beter overzicht te verkrijgen werden de volgende delen onderscheiden (zie p. 32).

- 1°. Het brengen van de stroomsterkte op een geschikte aanvangswaarde;
- 2°. De periode van verwarming;
- 3°. De kookperiode;
- 4°. De periode van uitschakeling;
- 5°. De periode van afkoeling.

Voor het electriciteitsverbruik heeft het onder 1° vermelde geen betekenis. De volgende perioden zullen hier echter achtereenvolgens nader beschouwd worden.

Als de *periode van verwarming* hebben we het tijdsverloop genoemd vanaf het inschakelen van de stroom, tot dat de grond een temperatuur van 100°C heeft bereikt. In deze periode stijgt de stroomsterkte en de temperatuur eerst geleidelijk, later sneller op de wijze, zoals reeds op p. 54 e.v. besproken is.

De electriciteit, welke in deze periode verbruikt wordt, is behalve



van de hoeveelheid grond, de grondsoort en het watergehalte (die in het algemeen de soortelijke warmte bepalen), afhankelijk van de begintemperatuur, de temperatuur van de omgeving, de tijd, welke verloopt tot het kookpunt bereikt wordt, en misschien ook nog van de grootte van de maximale stroomsterkte. In enkele gevallen werd nl. bij een grote stroomsterkte en een korte periode van verwarming, bij dezelfde grond toch een groter verbruik geconstateerd, dan wanneer de stroomwaarde kleiner en de periode van verwarming langer was.

Om een overzicht te krijgen over het verloop van het electriciteitsverbruik bij de ontsmetting van allerlei grondsoorten en omstandigheden zijn de gegevens van verschillende ontsmettingen in tabel XX opgenomen.

Uit deze tabel blijkt, dat het stroomverbruik in alle voorkomende gevallen, dus zonder rekening te houden met begintemperatuur, watergehalte enz. gelegen is tusschen 60 en 150 Wattuur per  $\text{dm}^3$  en wel was dit verbruik het kleinste bij zand, en het grootste bij zeer natte turfmoel en klei met hoge maximale stroomwaarden, welke gronden bovendien nog bij een lage buiten-temperatuur verwarmd werden.

De duur van de periode van verwarming is tussen 1 uur en 4 à 6 uren gelegen.

*De kookperiode* begint zodra de temperatuur van de grond  $100^\circ\text{C}$  is geworden en het water begint te koken. Als einde werd het tijdstip genomen, dat de stroomsterkte tot  $9/10$  van de maximale waarde gedaald is. Gedurende deze periode is de stroomsterkte gedurende korter of langer tijd relatief constant en verdampt het meeste water. Zij duurt langer, naarmate er een grotere overmaat aan water aanwezig is en de maximale stroomsterkte lager is, terwijl er bovendien bij klei en humusrijke gronden een duidelijker einde aan komt dan bij zand.

Als het einde van deze periode werd het tijdstip genomen, waarop de stroomsterkte beneden  $9/10$  van de maximale stroomsterkte van de grond daalde. De reden hiervoor was, dat het moment waarop het koken ophoudt, (waarvoor het beste het tijdstip kan genomen worden, dat de temperatuur beneden ca  $99^\circ\text{C}$  daalt), zeer afhankelijk is van de wijze van uitschakeling, en pas begint als de stroomsterkte (bij een half gevulde kist) tot onder 2 A zakt. Hieruit volgt nog, dat de maximale stroomsterkte ten minste 2 A moet wezen, indien men een half gevulde kist met grond tot  $100^\circ$  wil verwarmen. (De laagst waargenomen waarde was in dit verband 2,8 A met een periode van verwarming van 6 uur).

De duur van de kookperiode (zie tabel XX) bleek tussen 21 minuten (bij gezeefde kleigrond) en ca  $3\frac{1}{2}$  uur (bij zand en een lage stroomsterkte) in te liggen. De totale hoeveelheid water, welke in het eerste geval verdampt werd, was 1,25 kg in het laatste geval 2,95 kg.

TABEL XX. HET ELECTRICITEITSVERBRUIK GEDURENDE DE OPEENVOLGENDE PERIODEN VAN DE ELECTRICISCH ONTSMETTING VAN VERSCHILLENDE GRONDEN

Datum van waarnemingen	Grondsoort	Grond vol. in dm <sup>3</sup>	Gewicht in kg	Droog-gewicht in kg of O loev. water in dm <sup>3</sup>	Begin-temperatuur in °C	Verwarmingsperiode		Max. Stroomsterkte A	Kookperiode		Uitschakelingsperiode		Totaal na 24 uur kWh	Verdamp water in kg	Aan-tekingen
						duur h min	kWh		duur h min	kWh	duur h min	kWh			
26-4-'34	gezeefde kleigrond	35	37,0	nat		6 08		2,8	(1 20)			(3,20)		2,8	1)
	bladaarde	29		30,35	20,9	3 45		4,7	1 50			(3,50)		4,7	2)
10-9-'34	riverzand	24	37,4	30,35	26,0	58	1,66	11,5	1 24	1,0	4 40	3,8	7,90	5,3	3)
13-9-'34	hetzelfde zand	24	36,4	30,35	21,0	1 15	1,58	7,9	1 30	0,9	4 30	2,6	6,3	4,1	
28-9-'34	hetzelfde zand	24	36,2	30,35	21,0	2 10	1,58	4,28	1 40	1,6	(5 30)	(2,0)	5,8	4,0	
1-10-'34	hetzelfde zand	24	36,1	30,35	(20,0)	2 30	1,71	3,31	3 20	2,6			6,3	2,95	
11-10-'34	hetzelfde zand	24	36,0	30,35	(20,0)	3 00	1,65	3,23					5,82	2,9	4)
16-10-'34	hetzelfde zand	24	36,1	30,35	24,0	(1 37)	(1,75)	12,6	50	2,0	1 50	2,3	6,75	2,65	5)
19-11-'34	kleigrond	24	24,4	(4,3)	14,0	2 25	1,88	6,2	1 20	1,8	2 00	1,1	6,0	7,4	6)
23-11-'34	turfmoen	24	19,0	(12,4)	8,0	1 21	2,86	15,7	40	2,2	1 20	2,84	9,7	6,9	
26-11-'34	turfmoen	24	19,0	(12,4)	10,0	1 12	3,03	17,2	37	1,95	2 10	2,59	9,4	6,5	
30-11-'34	turfmoen	24	19,0	(12,4)	8,1	1 26	2,62	16,9	40	2,2	1 12	2,75	9,55	3,4	
14-12-'34	turfmoen + zand	24	29,65	nat	7,0	3 00	2,4	(6,8)	(1 22)	(2,0)	1 55	1,30	7,2		
7-3-'35	gezeefde compost (klei)	(30)		vochtig	4,0	(5 45)	(3,4)	(4,49)	(1 00)	(1,0)	(15)	(0,1)	(4,5)		
19-3-'35	gezeefde compost (klei)	(30)		zeer v.	5,7	3 00	2,9	8,58	(1 00)	(1,65)	(20)	(0,15)	5,3		
3-4-'35	gezeefde compost (klei)	(30)		nat	2,5	4 25	5,0	12,86	30	1,7	1 48	3,3	10,0		
						4 00	4,0	10,05	1 45	4,5	55	1,5	10,0		
9-8-'35	Kleigrond	21,2	27,6	20,62	23,2	1 49	1,44	5,15	40	0,80	10	0,14	3,40	1,5	7)
14-8-'35	riverzand	18,0	31,25	25,35	16,9	2 20	1,91	5,00	55	1,01	9 00	4,2	8,43	3,85	
30-8-'35	gezeefde kleigrond	24,8	24,0	18,97	20,2	2 00	1,48	5,15	21	0,42	19	0,15	3,68	1,25	

1) Indien de gegevens slechts bij grove benadering geschat werden zijn ze 0 gezet, indien ook dit niet verantwoord was, zijn ze geheel weggelaten.

2) 1), 2), 3) Respectievelijk werd hierbij 70, 75, 37½ en 35 g Ammoniaalpeter toegevoegd.

3) Hier zijn de duur en het electriciteitsverbruik opgegeven, indien niet van de maximale stroomsterkte, doch van de stroomsterkte bij het begin van het koken werd uitgegaan.

4) Als totaal is het stroomverbruik na 7 uur opgegeven.

Het stroomverbruik tijdens de kookperiode varieerde tussen 30 en 100 Wattuur per dm<sup>3</sup> grond.

Uit het bovenstaande volgt, dat men de duur, waarop men de grond wil laten koken, kan regelen; deze wordt verlengd door meer water aan de grond toe te voegen, (indien de grond althans niet veel electrolyten bevat) of doordat men de stroomsterkte zodanig kiest, dat het maximum klein blijft.

Deze regel gaat niet helemaal op, in zoverre, dat men een bepaalde vochtigheid kan vinden, (welke evenwel met het electrolytgehalte van de grond varieert), waarbij de periode van verwarming en de kookperiode het kleinst zijn. Verhoogt men in zo'n geval het vochtgehalte, dan wordt wel de stroomsterkte groter, doch niet in die mate, dat het proces even snel verloopt. Verlaagt men het vochtgehalte, dan krijgt het warmteverlies aan de omgeving een grotere betekenis en duurt het gehele proces langer. Een voorbeeld hiervan geven de 3 ontsmettingen, welke op 7 Maart, 19 Maart en 3 April 1935 werden verricht (Zie tabel XX en fig. 13).

Op de genoemde dagen werd telkens ongeveer een gelijke hoeveelheid van dezelfde compostarde genomen. Op 7 Maart werd er geen water aan toegevoegd (het vochtgehalte was naar schatting 10-15%). Op 19 Maart werd de grond goed vochtig gemaakt (vochtgehalte 20-25%) en op 3 April werd de grond geheel nat gemaakt (vochtgehalte 30-35%). Na de ontsmetting werd van deze grond nog het aantal overgebleven microorganismen bepaald. (zie p. 25).

Als *periode van uitschakeling* werd het tijdsverloop aangemerkt, waarbij de stroomsterkte van 9/10 tot 1/10 van de maximale waarde daalde. Eigenlijk begint deze periode al zodra het vochtgehalte van de grond gaat afnemen. Is er een grote hoeveelheid kolloidale bestanddelen in de grond aanwezig, dan zal de grond bij de vermindering van het vochtgehalte gaan krimpen. Hierdoor komt er dan lucht tussen de grond en de elektroden, waardoor het contact van de grond met de elektroden minder innig wordt, de overgangsweerstand zeer sterk toe-, en het electriciteitsverbruik dus snel afneemt.

Ter zelfder tijd wordt de waterlaag om de gronddeeltjes ook dunner, waardoor er meer lucht in de grond komt en de weerstand groter wordt.

Indien er veel kolloidale bestanddelen aanwezig zijn, neemt o.a. door het krimpen van de grond, de overgangsweerstand in korte tijd zeer sterk toe, zet de periode van uitschakeling zeer duidelijk in. Het kan dan gebeuren, dat in de tijd van enkele minuten de stroomsterkte tot op 1/10 van haar oorspronkelijke waarde zakt. Een mooi voorbeeld hiervan geeft de kleigrond, welke op 9 Augustus '35 (tabel XVII) verwarmd werd en waarvan het verloop in fig. 14 (onder) is weergegeven. Deze snelle successievelijke uitschakeling wordt veroorzaakt door het krimpen van de grond, en het optreden van barsten, waardoor de

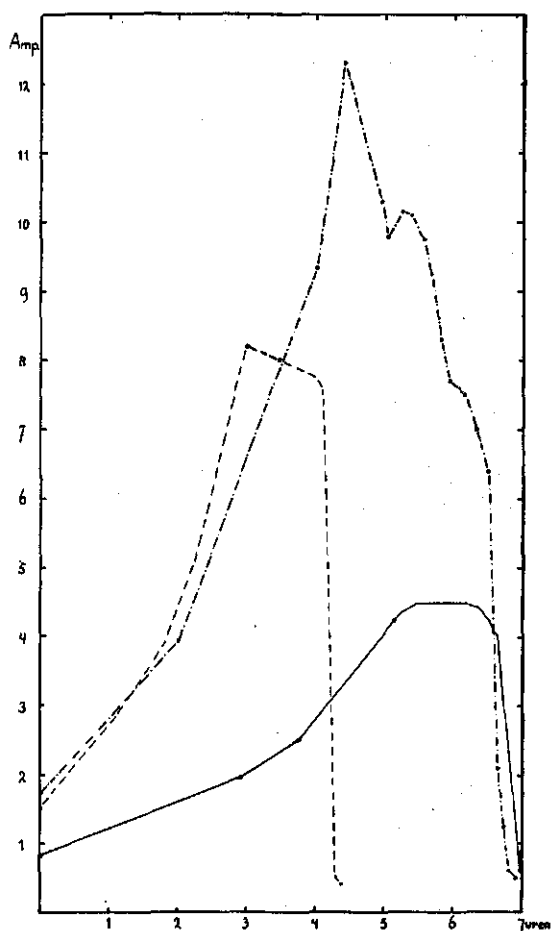


Fig. 13. Verloop van de stroomsterkte tijdens de behandeling van vochtige (—), zeer vochtige (---) en natte (-.-.-) kleigrond (zie tabel XX, p. 67).

The curve of the strength of current during the treatment of moist (—), very moist (---) and soaked (-.-.-) clay soil (see tabel XX, p. 67).

stroom ook in de grond onderbroken wordt.

Hetzelfde gedrag werd bij turfmoalm waargenomen, waarbij echter nog deze bijzonderheid optrad, dat de stroomsterkte eerst van de maximale waarde (15–17 A) ongeveer 10 A vrij regelmatig zakte, waarna dan plotseling in een versneld tempo de stroomsterkte met onregelmatige schokken omlaag ging, alsof dan eigenlijk pas de turfmoalm van de elektroden werd afgedrukt (zie fig. 9, p. 50). Hiervoor is op p. 32 een verklaring gegeven. Een soortgelijk gedrag is in het algemeen ook te verwachten bij humusrijke gronden.

Het 2e geval, waarbij het stroomverbruik dus afneemt, doordat

tengevolge van het lager wordende watergehalte de weerstand groter wordt, treedt het duidelijkste naar voren bij onze proeven met rivierzand. Hier vallen de zanddeeltjes, door de geringe cohesie, dadelijk weer tegen de elektroden, zodat er daar geen isolerende luchtlaag ontstaat. Bovendien wordt bij het verdampen eerst de waterlaag om de deeltjes dunner, dan wordt hier en daar het onderlinge verband verbroken en treedt de lucht meer regelmatig in de grond; het verloop dus dat reeds op p. 35 is beschreven. Het gevolg hiervan is, dat ook de stroomsterkte slechts zeer geleidelijk afneemt. Dit verloop is zeer duidelijk te zien in fig. 14 (boven), waar de grootte van de stroomsterkte tijdens de ontsmetting van rivierzand op 14 Augustus 1935 (Tabel XVI) is weergegeven.

Indien wij het verloop van de temperatuur tijdens de periode van uitschakeling nagaan, dan blijkt, dat bij de kleigrond, waar deze periode zeer kort is de temperatuur dadelijk lager wordt, waarbij dan de afname van de temperatuur verder afhankelijk is van de hoeveelheid

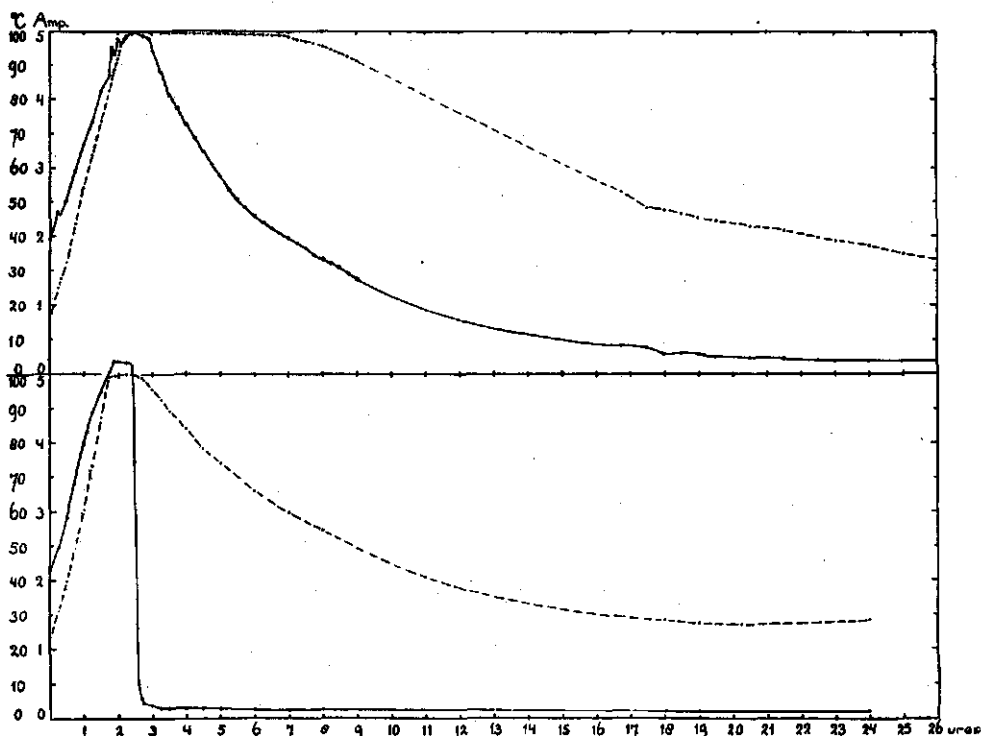


Fig. 14. Verloop van de stroomsterkte (—) en de temperatuur (----) bij de behandeling van rivierzand (boven) zie tabel XVI en kleigrond (onder) zie tabel XVII.

The curve of the strength of current (—) and of the temperature (----) during the treatment of riversand (above) see tabel XVI and clay soil (below) see tabel XVII.

grond en de omringende buitentemperatuur. Bij zand blijft, zoals op p. 66 reeds naar voren gebracht werd, de temperatuur nog op  $\pm 100^{\circ}\text{C}$  totdat de stroomsterkte bij een buitentemperatuur van  $10-15^{\circ}\text{C}$  beneden 2 A gezakt is, terwijl ook daarna de afname nog langzaam plaats vindt, omdat ook de stroomsterkte verder slechts zeer geleidelijk afneemt. Een goed voorbeeld van het verloop van de temperatuur in beide gevallen geeft fig. 14.

Uit de gegevens van tabel XX blijkt, dat de duur van de periode van uitschakeling bij onze proeven tussen 10 minuten en  $1\frac{1}{2}$  uur voor klei en turfmoel en tussen  $1\frac{1}{2}$  uur en 10 uur bij zand gelegen heeft. Dienovereenkomstig varieerde ook het stroomverbruik tijdens de periode van uitschakeling tussen enkele Watturen en 150 Wattuur per  $\text{dm}^3$  grond.

Als periode van afkoeling hebben we dan nog de tijd tot 24 uur na het inschakelen van de stroom genomen. Deze periode werd er nog bij genomen om een vergelijkbaar eindpunt te krijgen, waarbij de stroomsterkte in alle gevallen ongeveer gelijk was, d.w.z. weer tot 0,1 à enkele tienden Ampères was gedaald.

Het totale stroomverbruik d.i. vanaf de inschakeling tot na 24 uur, blijkt te variëren (zie tabel XX) tussen 0,2–0,35 kWh per  $\text{dm}^3$  voor kleigrond, tussen 0,3–0,45 kWh per  $\text{dm}^3$  voor zand en  $\pm 0,4$  kWh per  $\text{dm}^3$  voor zeer natte turfmoel.

Bij een sterilisatie in de praktijk zal de wijze, waarop gehandeld moet worden o.a. afhangen van het doel van de ontsmetting en van de grondsoort. Zo zal men voor het doden van dierlijke organismen de meeste schimmels en vele bacteriën met een verwarming tot het kookpunt kunnen volstaan doch bij de toepassing tegen sommige schimmels en bacteriën moet in vele gevallen de grond langer op  $100^{\circ}\text{C}$  gehouden worden. Ook zal men bij klei en humusrijke gronden, zonder bezwaar de stroom 's avonds kunnen inschakelen, omdat deze 's nachts toch automatisch wordt uitgeschakeld, doch men moet bij zand ermede rekening houden, dat hierbij de gehele nacht door stroom verbruikt wordt, en dit pas ophoudt als de grond bijna geheel is uitgedroogd; zodat men dus bij zand de stroom na een bepaalde tijd zelf moet uitschakelen.

De kosten van de ontsmetting zijn natuurlijk in de eerste plaats afhankelijk van de stroomprijs en de duur van de ontsmetting. Laat men het toestel 's nachts aan zichzelf over, dan zal het electriciteitsverbruik 0,12 à 0,35 kWh per  $\text{dm}^3$  grond zijn en de kosten hiervan bij een prijs van 2 ct per kWh dus 0,24 à 0,7 ct per  $\text{dm}^3$  of f 2,40 à f 7,— per  $\text{m}^3$ .

Kan er volstaan worden met verwarmen, totdat de grond kookt (hetgeen in de meeste gevallen voldoende is) en wordt de stroom dan uitgeschakeld, dan zal het electriciteitsverbruik voor deze behandeling 0,06–0,15 kWh per  $\text{dm}^3$  zijn en de kosten per  $\text{m}^3$  f 1,20 à f 3,—. Uit het bovenstaande volgt wel, dat deze ontsmettingsmethode vooral zeer geschikt is voor de ontsmetting van kleinere hoeveelheden grond.

## SOIL DESINFECTION BY ELECTRICITY

### SUMMARY

The methods put into practice in horticulture for desinfecting soils are briefly summarized.

The different ways in which electricity is used in soil desinfection are treated more in detail (element sterilizer (fig. 1), resistance sterilizer (fig. 2) electrocution (fig. 3)).

The literature concerning the changes of the soil (physical, chemical, microbiological) by heating, is summarized.

A description has been given of the effect of desinfection on the development of plants. The resistance heater (system J. van Groen and W. G. v. d. Kroft, fig. 2) has been described in detail.

The influence of moisture, the quantity of electrolytes and the compression of the soil on its conductivity, the three factors by which the conductivity increases, have been investigated.

The conductivity of sand was found to increase proportionally to the moisture (fig. 6 and 7) with a little deviation when there is little moisture; in clay soil the „foot forming” (fig. 7) is more pronounced. From the experiments with riversand to which nitrate of ammonia (fig. 8) or sulfate of potash (fig. 8) had been added, appears, that when the quantity of water is about 10%, the strength of the current may sufficiently be raised within the limits of the allowable quantity fertilizers.

The relation between the temperature and the conductivity of the soil has been determined and expressed in the following formula

$$\frac{I_t}{I_{100}} = 1 - B(100 - t) \text{ in which } B = 0,0073.$$

Deviations of this formula, occurring especially between 90° and 100° may be ascribed mainly to the position of the thermometers.

The relation between the strength of the current and the temperature during the whole process as observed in an experiment with river sand and one with clay soil is discussed and indicated by a curve (fig. 14).

The whole process is divided in a period of heating, boiling, automatically putting out of circuit and cooling. From the dates (tab. XX) appears that for a heating from 4 to 24°C up to 100°C, from 0,06 to 0,15 kWh are consumed per dm<sup>3</sup>, dependent on moisture-percentage, the maximum strenght of current, initial temperatures etc.

When the sterilizer (pasteurizer) is left to itself during the night (for instance from 23 till 7) it is possible to calculate from the dates that the consumption of electricity varies from 0,12 to 0,35 kWh per dm<sup>3</sup> soil.

This method of desinfection may be especially recommended for partially sterilizing small quantities of soil, for instance for sowing pans, pot culture etc.

## LITERATUURLIJST

- BEINHART, E. G. Steam sterilisation of seed beds. U.S. Farm. Bul. 996, 16 pp., 1918.
- BEWLEY, W. F. Practical soil sterilisation by heat for glasshouse crops. Journ. Min. Agr. 34: 297-311, London 1926.
- Practical sterilisation by heat of small quantities of soil. Journ. Min. of Agr. 36: 623-634, London 1929.
- Plants in health and disease. Journ. Roy. Hort. Soc. 59: 386-396, London 1934.
- BLAUSER, I. P. Soil sterilisation by electricity. Agr. Engin. 16/11: 436-438, 440, 1935.
- BUDDIN, W. Partial sterilisation of soil by volatile and non volatile antiseptics. Journ. Agr. Sci. 6: 417-452, 1914.
- BURGESS, R. A contribution to the study of the effect of partial sterilisation of soil by heat. Centr. Bakt. II, 78: 497-507, Jena 1929.
- CUTLER, D. W. and L. M. CRUMP, The qualitative and quantitative effects of food on the growth of soil Amoeba. Ref. Centr. Bakt. II. 75: 462-463, Jena 1928.
- DEIGHTON, T. Some investigations on the electrical method of soil moisture determination. Journ. Agr. Sci. 12: 207-230, 1922.
- DIX, W. und E. RAUTENBERG. Die Sterilisation des Bodens mit Hilfe des elektrischen Stromes. Archiv. f. Pfl.bau 10/2: 172-190, Berlin 1933.
- ENDŌ, S. (Tokio), Observations on the antagonism between the causal organism of sclerotium diseases of rice plants and other microorganismes, 6e Int. Bot. Congr. Proc. 2: 222-225, Leiden 1935.
- ERDMANN, L. W. The numbers of microorganisms in Carrington loam as influenced by different soil treatments. Agr. Res. Sta. Res. Bul. 109: 233-258, Ames (Iowa) 1928.
- GERRETSEN, F. C., D. J. HISSINK, K. VOLKERSZ en K. ZIJLSTRA. Een onderzoek naar de oorzaken en de bestrijding van het zgn. van den wortel gaan van Narcissen en Hyacinthen. Versl. Landb. Onderz. Rijks Landb. Proefsta. 23: 302-381, 1927.
- HAINES, W. B. Studies in the physical properties of soils III. Observations on the electrical conductivity of soils. Journ. Agr. Sci. 15: 536-543, 1925.
- HORSFALL, J. G. Pasteurizing soil electrically to control damping off. New York Agr. Exp. Sta. Bul. 651, 8 pp., Geneva 1935.
- JONES, L. R., J. JOHNSON, and J. G. DICKSON. Wisconsin studies upon the relation of soil temperature to plant disease. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 71, 144 pp., Wisconsin 1926.
- KREWATCH, A. N. & G. W. KABLE. Electric soil sterilization. Nat. Bur. Elec. Proj. Min. Rep. M-15, pp. 12, College Park, Maryland 1933.
- KROFT, W. G. v. D. en J. v. GROEN. Een nieuwe toepassing van electriciteit ter bevordering van den plantengroei. Ons Tijdschrift 13/2: 65-68, Maas-tricht 1933.
- MATTHEWS-ISGROVE, ANNIE. Partial sterilisation of soil by antiseptics. Journ. Agr. Sci. 14: 1-58, 1924.
- NEWHALL, A. G., CHARLES CHUPP and C. E. F. GUTERMANN. Soil treatments for the control of diseases in the greenhouses and the seedbeds. New York State Coll. Agr. Cornell University. Extens. Bul. 217, 56 pp. Ithaca 1931 (1934).
- NEWHALL, A. G. Theory and Practice of soil sterilisation. Agr. Engin. 16/2: 65-70, 1935.



- Plantenziektenkundigen Dienst. Verslag over de werkzaamheden van den Pl.ziektenk. Dienst in het jaar 1933. Versl. en Med. Pl. ziektenk. Dienst 76: 42-43, Wageningen 1934.
- POLAK, M. W. Het steriliseeren van grond door middel van stoom. Med. v. d. Landbouwhoogeschool 17: 91-108, Wageningen 1920.
- RIEMENS, J. M. Grondsterilisatie. De Tuinderij 12-11-, 19-11-1926. 11-3-1927.
- RUDAKOW, K. J. Die Austrocknung des Bodens vom microbiologischen Standpunkte. Ref. Centr. Bakt. 7: 405-519, Jena 1923.
- RUSSELL, E. J. The partial sterilisation of soil. Journ. Roy. Hort. Soc. 45: 237-247, 1919.
- RUSSELL, E. J. and H. B. HUTCHINSON. The effect of partial sterilisation of soil on production of plantfood. Journ. Agr. Sci. 3: 111-145, 1909.
- Idem. Part II. The limitations of bacterial numbers in normal soils and its consequences. Journ. Agr. Sci. 5: 152-222, 1913.
- SCHOEVERS, T. A. C. Grondontsmetting. Versl. en Med. Pl. ziektenk. Dienst 63, 28 pp., Wageningen 1931.
- SEN, ASHUTOSH and C. H. WRIGHT. The electrical conductivity of aqueous soil suspensions as a measure of soil fertility. Journ. Agr. Sci. 21: 1-13, 1931.
- SEVERTZOVA, L. B. The food requirement of soil Amoebae with reference to their interrelation with soil bacteria and soil fungi. Centr. Bakt. II, 73: 162-179, Jena 1928.
- SKINNER, C. E. The effect of protozoa and fungi on certain biochemical processes when inoculated into partially sterilized soil. Soil Sci. 24: 149-162, 1927.
- SLOOTEREN, E. v. De nematodenbestrijding in de bloembollenstreek. Tijdschrift v. Plantenziekten 26: 118-182, Wageningen 1920.
- Het steriliseeren van den grond door middel van stoom. Lab. v. Bloembollenonderzoek te Lisse. Med. 26, 11 pp., 1926.
- TAVERNETTI, J. R. Characteristics of the resistance soil sterilizer. Agr. Engin. 16/7: 271-274, 1935.
- UVEN, M. J. v. Mathematical treatment of the results of agricultural and other experiments. 309 pp., Groningen-Batavia 1935.
- WAKSMAN, S. A. Analysis of soil as an index of soil fertility II. Influence of fertilisation upon numbers of microorganisms in the soil. Soil Sci. 14: 321-347, 1922.
- Principles of soil microbiology, p. 3-51, p. 738-767, Baltimore 1927.
- and R. L. STARKEY. Partial sterilisation of soil, microbiological activities and soil fertility I. Soil Sci. 16: 137-158, 1923.
- Idem II. Soil Sci. 16: 247-269, 1923.
- Idem III. Soil Sci. 16: 343-358, 1923.
- WINOGRADOWA, THAIS FEDEROWA and L. N. GURFEIN. Beitrage zur Frage der Wirkung der Boden Amoeben auf das Wachstum und die Entwicklung des Azotobacters chroococcum unter Versuchsbedingungen auf sterilen Boden. Centr. Bakt. II, 74: 14-25, 1928.
- ZIMMERLEY, H. H. and H. Spencer. Hot water treatment for nematode control. Virginia Truck Exp. Sta. Bul. 43: 267-278, Norfolk (Virginia) 1923.

## INHOUD

	Blz.
I. Overzicht van de verschillende methoden van grondontsmetting, welke in de tuinbouw worden toegepast .....	3
Inleiding .....	3
De ontsmetting met chemische middelen .....	4
Grondontsmetting door verhitting .....	4
II. De elektrische methode van grondontsmetting .....	8
III. De veranderingen, welke door de ontsmetting in de grond veroorzaakt worden.....	15
IV. Invloed van de ontsmetting op de plantengroei .....	26
V. Beschrijving van de elektrische grondontsmetter .....	29
VI. Verloop van het ontsmettingsproces .....	30
VII. Mogelijkheden om invloed op de stroomsterkte uit te oefenen .....	33
Verhoging van het watergehalte .....	33
Verhoging van het electrolytgehalte .....	43
Het samendrukken van de grondmassa .....	51
VIII. De verhouding tussen de temperatuur en de weerstand van de grond .....	54
IX. Het electriciteitsverbruik.....	65
Summary .....	72
Literatuur .....	73

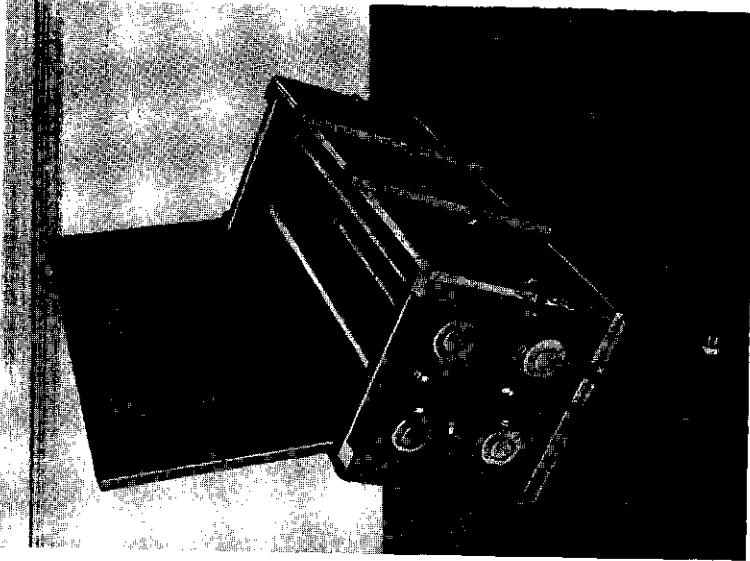


Fig. 1. De elektrische grondontsmetter met verwarmingselementen (elementen-ontsmetter) overgenomen uit NEWHALL c.s., Bull. 217, Ithaca 1931. The electric soil sterilizer with heating elements (element type sterilizer) from NEWHALL c.s., Bull. 217, Ithaca 1931.

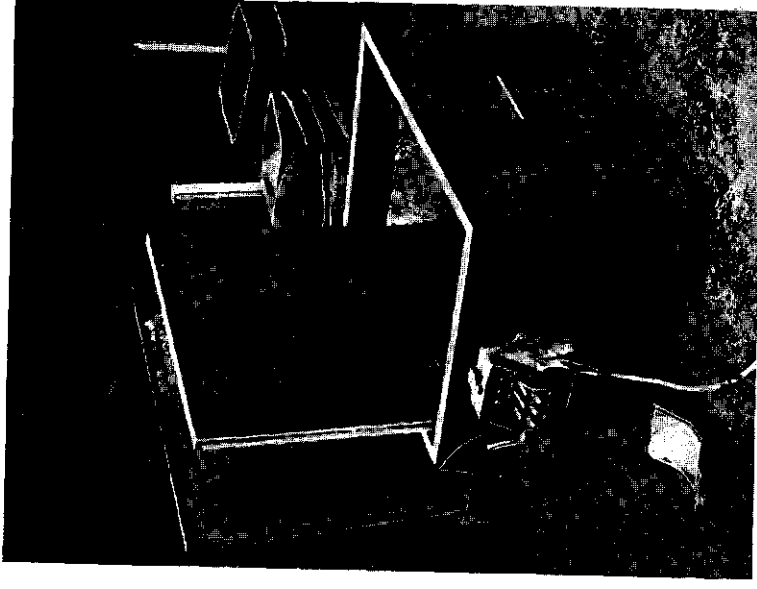


Fig. 2. De elektrische grondontsmetter volgens de constructie van J. VAN GROEN en W. G. VAN DER KROFT (electroden-ontsmetter). The electric soil sterilizer constructed by J. VAN GROEN and W. G. VAN DER KROFT (resistance type sterilizer).

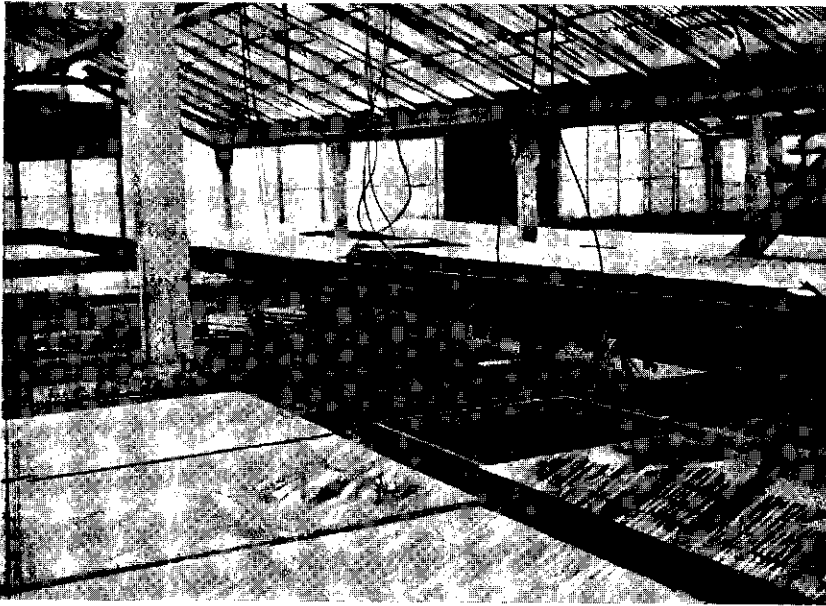


Fig. 3. Installatie voor het electrocuteren van *Sciara*-larven.  
Installation for the electrocution of *Sciara*-larvae.

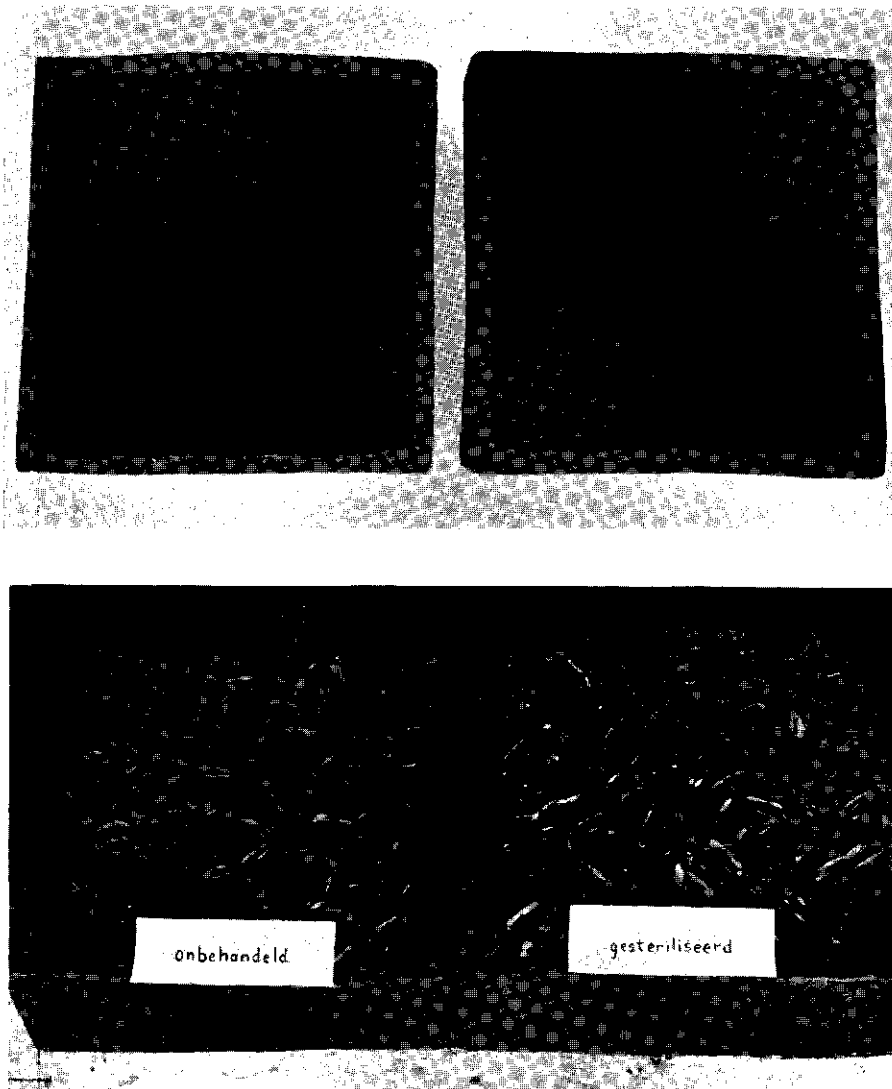


Fig. 4.

*Boven* : links, onbehandelde grond; rechts, behandelde grond.

*Onder* : dezelfde gronden met komkommerzaailingen.

*Above* : at right, treated soil; at left, untreated soil.

*Below* : the same soils with cucumber seedlings.